การประมาณค่าข้อมูลสูญหายของแผนแบบบล็อกไม่สมบูรณ์แบบสมดุลที่ซ้อนในที่สร้างจากวิธี Harmonised series

โดย
นางสาวสุพิชชา มาเมืองบน

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสถิติประยุกต์ แผน ก แบบ ก 2 ระดับปริญญามหาบัณฑิต
วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร
ปีการศึกษา 2559
ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

การประมาณค่าข้อมูลสูญหายของแผนแบบบล็อกไม่สมบูรณ์แบบสมดุลที่ซ้อนในที่สร้างจากวิธี Harmonised series

โดย
นางสาวสุพิชชา มาเมืองบน

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสถิติประยุกต์ แผน ก แบบ ก 2 ระดับปริญญามหาบัณฑิต
วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร
ปีการศึกษา 2559
ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

ESTIMATION OF A MISSING VALUE IN NESTED BALANCED INCOMPLETE BLOCK DESIGN BASED ON HARMONISED SERIES

By

MISS Supitcha MAMUANGBON

A Thesis Submitted in partial Fulfillment of Requirements

for Master of Science (APPLIED STATISTICS)

Science Silpakorn University

Academic Year 2016

Copyright of Graduate School, Silpakorn University

หัวข้อ	การประมาณค่าข้อมูลสูญหายของแผนแบบบล็อกไม่สมบูรณ์แบบสมดุลที่ซ้อนในที่สร้างจากวิธี Harmonised series
โดย	สุพิชชา มาเมืองบน
สาขาวิชา	สถิติประยุกต์ แผน ก แบบ ก 2 ระดับปริญญามหาบัณฑิต
อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กมลชนก พานิชการ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร ได้รับพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร.ปานใจ ธารทัศนวงศ์)

พิจารณาเห็นชอบโดย

..... ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กุศยา ปลั่งพงษ์พันธ์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กมลชนก พานิชการ)

..... ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. บุญอ้อม โฉมที)

58304204 : สถิติประยุกต์ แผน ก แบบ ก 2 ระดับปริญญามหาบัณฑิต

นางสาว สุพิชชา มาเมืองบน: การประมาณค่าข้อมูลสูญหายของแผนแบบบล็อกไม่สมบูรณ์แบบสมดุลที่ซ้อนในที่สร้างจากวิธี Harmonised series อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กมลชนก พานิชการ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอวิธีการประมาณค่าข้อมูลสูญหายในแผนแบบบล็อกไม่สมบูรณ์แบบสมดุลที่ซ้อนใน (Nested Balanced Incomplete Block Designs : NBIBD) โดยประยุกต์จากวิธีการประมาณค่าข้อมูลสูญหายในแผนแบบ BIBD ที่ถูกเสนอในงานวิจัยของ Cornish (1940) และนำมาเปรียบเทียบกับวิธีการประมาณค่าข้อมูลสูญหายที่ใช้โดยทั่วไป ด้วยเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย การศึกษาการจำลองแบบพิจารณาใน 2 กรณี ได้แก่ กรณีที่ไม่มีความแตกต่างระหว่างทรีทเมนต์ และกรณีที่มีความแตกต่างระหว่างทรีทเมนต์ ซึ่งในแต่ละกรณีจะแบ่งออกเป็น 5 สถานการณ์ แต่ละสถานการณ์จะศึกษาจำนวนทรีตเมนต์ขนาด 4, 5,..., 16 การวิเคราะห์ใช้โปรแกรม MATLAB R2013a และมีการทำซ้ำ 10,000 รอบ

ผลการวิจัยพบว่า เมื่อไม่มีความแตกต่างระหว่างทรีตเมนต์ หรือ จำนวนทรีตเมนต์มีขนาดเล็ก การประมาณค่าโดยใช้ค่าเฉลี่ยมีประสิทธิภาพมากที่สุด โดยให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยต่ำที่สุด เมื่อมีความแตกต่างระหว่างทรีตเมนต์ และ บล็อกหลักในระดับปานกลาง และระดับสูง การประมาณค่าข้อมูลสูญหายโดยวิธีที่ถูกนำเสนอมีประสิทธิภาพมากที่สุด เมื่อมีความแตกต่างระหว่างบล็อกย่อยในระดับสูง การประมาณค่าโดยวิธีจากแผนแบบบล็อกไม่สมบูรณ์ที่สมดุลที่พิจารณาเฉพาะบล็อกย่อยมีประสิทธิภาพมากที่สุด

58304204 : Major (APPLIED STATISTICS)

MISS Supitcha MAMUANGBON: Estimation of a Missing Value in Nested Balanced Incomplete Block Design based on Harmonised series Thesis advisor : Assistant Professor Kamolchanok Panishkan, Ph.D.

The objective of this research is to purpose a method for estimation of a missing value in a Nested Balanced Incomplete Block Designs (NBIBD) by applying method of Cornish purposed in 1940 for BIBD. The proposed method was compared with the two common methods used to estimate missing data by using the mean square error as a criterion. Simulation study was conducted in two cases; no treatment effect and having treatment effect. In each case, data was generated under 5 situations. Each situation was studied 4, 5, ..., 16 number of treatments by using MATLAB R2013a with replication of 10,000.

The results of the study are as follows. For no treatment effect case or small number of treatments, estimation with average is the most effective by giving the lowest mean square error. For having difference between treatments and also between main blocks, the proposed estimation is the most effective. However, having high difference between sub-blocks is occurred, the estimation based on Balanced Incomplete Block Design (BIBD) considered only sub-block is the most effective.

กิตติกรรมประกาศ

การดำเนินงานวิจัยและเรียบเรียงวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้เป็นอย่างดีเนื่องจากได้รับความอนุเคราะห์จากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กมลชนก พานิชการ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำแนะนำ คำปรึกษา แนวคิดวิธีการแก้ปัญหา ตลอดจนการตรวจทานและแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆเป็นอย่างดียิ่งจนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ผู้วิจัยจึงขอกราบขอบพระคุณอาจารย์เป็นอย่างสูงด้วยความซาบซึ้งในสำนึกในพระคุณ

ขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กุศยา ปลั่งพงษ์พันธ์ ที่กรุณาเป็นประธานกรรมการในการสอบวิทยานิพนธ์ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุญอ้อม โฉมที ที่กรุณาเป็นผู้ทรงคุณวุฒิสำหรับคำแนะนำ ตรวจสอบ และคำชี้แนะ ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาสถิติ มหาวิทยาลัยศิลปากรทุกท่านที่ได้ประสิทธิประสาทองค์ความรู้ ความช่วยเหลือ คำแนะนำ พร้อมทั้งให้กำลังใจตลอดระยะเวลาในการศึกษา ขอขอบคุณ คุณนงลักษณ์ เอี๊ยวเจริญ ที่ให้ความช่วยเหลือ และ อำนวยความสะดวกงานเอกสารแก่ผู้วิจัย

ขอบพระคุณโครงการพัฒนากำลังคนด้านวิทยาศาสตร์ (ทุนเรียนดีวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทย) ที่ให้การสนับสนุนด้านทุนทรัพย์ในการศึกษา และการทำวิจัย

ขอบคุณพี่ๆ เพื่อนๆ และน้องๆ ภาควิชาสถิติ และสาขาวิชาอื่นๆที่ให้คำแนะนำ ให้ความช่วยเหลือ และเป็นกำลังใจทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

สุดท้ายนี้คุณค่าและคุณประโยชน์ของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ผู้วิจัยขอมอบเพื่อตอบแทนพระคุณของคุณพ่อ คุณแม่ และพี่สาว ที่สนับสนุนการศึกษา การทำวิจัยครั้งนี้ ตลอดจนให้ความรัก กำลังใจ แรงผลักดัน และแรงสนับสนุนในทุกด้านแก่ผู้วิจัย

สุพิชชา มาเมืองบน

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ญ

สารบัญภาพ ..... ฏ

บทที่ 1 บทนำ 1

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

วัตถุประสงค์ของการศึกษา 3

สมมติฐานของการศึกษา 3

ขอบเขตการศึกษา 4

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 6

นิยามศัพท์เฉพาะ 7

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 8

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 8

1. แผนแบบบล็อกไม่สมบูรณ์แบบสมดุลที่ซ้อนใน (Nested Balanced Incomplete Block Designs : NBIBD) 8

2. การสร้างแผนแบบ NBIBD ด้วยวิธี Harmonised series[1, 3] 11

3. การประมาณค่าข้อมูลสูญหายของแผนแบบ BIBD 15

4. การประมาณค่าข้อมูลสูญหายในแผนแบบ NBIBD 16

4.1 วิธีทั่วไป โดยพิจารณาจากการประมาณค่าข้อมูลสูญหายจากแผนแบบ BIBD ที่พิจารณาเฉพาะบล็อกย่อย 17
4.2 วิธีการที่ผู้วิจัยนำเสนอ โดยประยุกต์จากวิธีการประมาณค่าข้อมูลสูญหายในแผนแบบ BIBD ที่ถูกเสนอในงานวิจัยของ Cornish[4] 17
4.3 วิธีทั่วไป โดยพิจารณาจากค่าเฉลี่ยของค่าตอบสนองทั้งหมด 18
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 22
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 25
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 33
กรณีที่ 1: กรณีที่ไม่มีความแตกต่างระหว่างทรีตเมนต์ 34
สถานการณ์ที่ 1: ไม่มีความแตกต่างระหว่างบล็อกหลัก และ ไม่มีความแตกต่างระหว่างบล็อกย่อย 34
สถานการณ์ที่ 2: มีความแตกต่างระหว่างบล็อกหลัก และ ความแตกต่างระหว่างบล็อกย่อยในระดับปานกลาง 36
สถานการณ์ที่ 3: มีความแตกต่างระหว่างบล็อกหลักในระดับสูง และ ความแตกต่างระหว่างบล็อกย่อยในระดับปานกลาง 38
สถานการณ์ที่ 4: มีความแตกต่างระหว่างบล็อกหลักในระดับปานกลาง และ ความแตกต่างระหว่างบล็อกย่อยในระดับสูง 40
สถานการณ์ที่ 5: มีความแตกต่างระหว่างบล็อกหลัก และ ความแตกต่างระหว่างบล็อกย่อยในระดับสูง 42
กรณีที่ 2: กรณีที่มีความแตกต่างระหว่างทรีตเมนต์ 44
สถานการณ์ที่ 1: ไม่มีความแตกต่างระหว่างบล็อกหลัก และ ไม่มีความแตกต่างระหว่างบล็อกย่อย 44
สถานการณ์ที่ 2: มีความแตกต่างระหว่างบล็อกหลัก และ ความแตกต่างระหว่างบล็อกย่อยในระดับปานกลาง 46
สถานการณ์ที่ 3: มีความแตกต่างระหว่างบล็อกหลักในระดับสูง และ ความแตกต่างระหว่างบล็อกย่อยในระดับปานกลาง 48

สถานการณ์ที่ 4: มีความแตกต่างระหว่างบล็อกหลักในระดับปานกลาง และ ความแตกต่างระหว่างบล็อกย่อยในระดับสูง 50
สถานการณ์ที่ 5: มีความแตกต่างระหว่างบล็อกหลัก และ ความแตกต่างระหว่างบล็อกย่อยในระดับสูง 52
บทที่ 5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 54
สรุปผลการวิจัย 54
อภิปรายผล 58
ข้อเสนอแนะ 58
รายการอ้างอิง 60
ภาคผนวก 61
โปรแกรมที่ใช้ในงานวิจัย 62
ประวัติผู้เขียน 68

มหาวิทยาลัยศิลปากร

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 จำนวนบล็อกหลัก และ บล็อกย่อยในแต่ละทรีตเมนต์ 6

ตารางที่ 2 ผังข้อมูลของแผนแบบ NBIBD ที่มี $v = 7, t = 3,\ b_1 = 7, b_2 = 21,\ r = 6, k_1 = 6,\ k_2 = 2$ 14

ตารางที่ 3 ผังข้อมูลของแผนแบบ NBIBD ที่มี $v = 6, t = 3,\ \ b_1 = 5, b_2 = 15,\ r = 5, k_1 = 6,\ k_2 = 2$ 15

ตารางที่ 4 ข้อมูลของแผนแบบ NBIBD ที่มี $v = 5, t = 2,\ \ b_1 = 5, b_2 = 10,\ r = 4\ k_1 = 4,\ k_2 = 2$ 19

ตารางที่ 5 ข้อมูลที่ใช้ในการประมาณค่าข้อมูลสูญหายในขั้นตอนที่ 1 $(r = 4,\ b_1 = 5,\ v = 5,\ k_1 = 4, \lambda_1 = 3)$ 20

ตารางที่ 6 ค่า T และ S ของแต่ละทรีตเมนต์ของขั้นตอนที่ 1 ในตัวอย่างที่ 3 20

ตารางที่ 7 ข้อมูลที่ใช้ในการประมาณค่าข้อมูลสูญหายในขั้นตอนที่ 2 $(r = 4,\ b_2 = 10,\ v = 5,\ k_2 = 2, \lambda_2 = 1)$ 21

ตารางที่ 8 ค่า T และ S ของแต่ละทรีตเมนต์ของขั้นตอนที่ 2 ในตัวอย่างที่ 3 21

ตารางที่ 9 ค่าประมาณข้อมูลสูญหายจาก 3 วิธี 22

ตารางที่ 10 พารามิเตอร์ของแผนแบบ NBIBD จำแนกตามจำนวนทรีตเมนต์ 26

ตารางที่ 11 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยในสถานการณ์ที่ 1 กรณีที่ไม่มีความแตกต่างระหว่างทรีตเมนต์ 34

ตารางที่ 12 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยในสถานการณ์ที่ 2 กรณีที่ไม่มีความแตกต่างระหว่างทรีตเมนต์ 36

ตารางที่ 13 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยในสถานการณ์ที่ 3 กรณีที่ไม่มีความแตกต่างระหว่างทรีตเมนต์ 38

ตารางที่ 14 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยในสถานการณ์ที่ 4 กรณีที่ไม่มีความแตกต่างระหว่างทรีตเมนต์ 40

ตารางที่ 15 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยในสถานการณ์ที่ 5 กรณีที่ไม่มีความแตกต่างระหว่างทรีตเมนต์ 42

ตารางที่ 16 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยในสถานการณ์ที่ 1 กรณีที่มีความแตกต่างระหว่างทรีตเมนต์ 44

ตารางที่ 17 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยในสถานการณ์ที่ 2 กรณีที่มีความแตกต่างระหว่างทรีตเมนต์ 46

ตารางที่ 18 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยในสถานการณ์ที่ 3 กรณีที่มีความแตกต่างระหว่างทรีตเมนต์ 48

ตารางที่ 19 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยในสถานการณ์ที่ 4 กรณีที่มีความแตกต่างระหว่างทรีตเมนต์ 50

ตารางที่ 20 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยในสถานการณ์ที่ 5 กรณีที่มีความแตกต่างระหว่างทรีตเมนต์ 52

ตารางที่ 21 สรุปผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการประมาณค่าข้อมูลสูญหายที่นำเสนอและวิธีการประมาณค่าที่ใช้โดยทั่วไป โดยใช้เกณฑ์ MSE 57

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 แผนภาพแสดงลำดับขั้นตอนการดำเนินงาน 32

ภาพที่ 2 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณค่าข้อมูลสูญหาย Y_s , $\bar{Y}_{ms}$ และ $\bar{Y}$ จำแนกตามจำนวนทรีตเมนต์ ของในสถานการณ์ที่ 1 กรณีที่ไม่มีความแตกต่างระหว่างทรีตเมนต์... 35

ภาพที่ 3 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณค่าข้อมูลสูญหาย Y_s , $\bar{Y}_{ms}$ และ $\bar{Y}$ จำแนกตามจำนวนทรีตเมนต์ ของในสถานการณ์ที่ 2 กรณีที่ไม่มีความแตกต่างระหว่างทรีตเมนต์... 37

ภาพที่ 4 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณค่าข้อมูลสูญหาย Y_s , $\bar{Y}_{ms}$ และ $\bar{Y}$ จำแนกตามจำนวนทรีตเมนต์ ของในสถานการณ์ที่ 3 กรณีที่ไม่มีความแตกต่างระหว่างทรีตเมนต์... 39

ภาพที่ 5 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณค่าข้อมูลสูญหาย Y_s , $\bar{Y}_{ms}$ และ $\bar{Y}$ จำแนกตามจำนวนทรีตเมนต์ ของในสถานการณ์ที่ 4 กรณีที่ไม่มีความแตกต่างระหว่างทรีตเมนต์... 41

ภาพที่ 6 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณค่าข้อมูลสูญหาย $Y_s, \bar{Y}_{ms}$ และ $\bar{Y}$ จำแนกตามจำนวนทรีตเมนต์ ของในสถานการณ์ที่ 5 กรณีที่ไม่มีความแตกต่างระหว่างทรีตเมนต์... 43

ภาพที่ 7 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณค่าข้อมูลสูญหาย Y_s , $\bar{Y}_{ms}$ และ$\bar{Y}$ จำแนกตามจำนวนทรีตเมนต์ ของในสถานการณ์ที่ 1 กรณีที่มีความแตกต่างระหว่างทรีตเมนต์..... 45

ภาพที่ 8 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณค่าข้อมูลสูญหาย Y_s , $\bar{Y}_{ms}$ และ $\bar{Y}$ จำแนกตามจำนวนทรีตเมนต์ ของในสถานการณ์ที่ 2 กรณีที่มีความแตกต่างระหว่างทรีตเมนต์.....47

ภาพที่ 9 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณค่าข้อมูลสูญหาย Y_s , $\bar{Y}_{ms}$และ $\bar{Y}$ จำแนกตามจำนวนทรีตเมนต์ ของในสถานการณ์ที่ 3 กรณีที่มีความแตกต่างระหว่างทรีตเมนต์..... 49

ภาพที่ 10 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณค่าข้อมูลสูญหาย $Y_s, \bar{Y}_{ms}$ และ$\bar{Y}$ จำแนกตามจำนวนทรีตเมนต์ ของในสถานการณ์ที่ 4 กรณีที่มีความแตกต่างระหว่างทรีตเมนต์..... 51

ภาพที่ 11 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณค่าข้อมูลสูญหาย Y_s , $\bar{Y}_{ms}$ และ $\bar{Y}$ จำแนกตามจำนวนทรีตเมนต์ ของในสถานการณ์ที่ 5 กรณีที่มีความแตกต่างระหว่างทรีตเมนต์.....53

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

แผนแบบการทดลอง (Experimental Designs) เป็นขั้นตอนหรือวิธีการที่ทำให้ได้มาซึ่งข้อมูลที่สามารถตอบวัตถุประสงค์ของงานวิจัย โดยควบคุมปัจจัยที่เกี่ยวข้องให้เหมาะสมกับปัญหาหรือเรื่องที่ต้องการศึกษา เพื่อนำไปใช้ในการสนับสนุนหรือคัดค้านสมมติฐานที่ตั้งไว้ สำหรับการวางแผนการทดลองโดยทั่วไปนิยมจัดให้หน่วยทดลองมีลักษณะเป็นเอกภาพหรือมีความแตกต่างกันน้อยที่สุด แต่ในบางกรณีก็ไม่สามารถจัดหาหน่วยทดลองที่มีลักษณะเหมือนกันได้ ผู้วิจัยจึงมักจะจำแนกหน่วยทดลองที่มีลักษณะคล้ายกันออกเป็นกลุ่ม เรียกว่า บล็อก (block) ซึ่งแผนแบบที่เกี่ยวข้องกับการจัดบล็อกถูกแบ่งออกเป็น 2 แผนแบบ คือ แผนแบบบล็อกสมบูรณ์ (Complete Block design : CBD) และไม่สมบูรณ์ (Incomplete Block Design : IBD) ตามลำดับ

แผนแบบบล็อกสมบูรณ์ คือ แผนการทดลองที่แต่ละบล็อกจะถูกจัดให้มีครบทุกทรีตเมนต์ ในขณะที่แผนแบบบล็อกไม่สมบูรณ์ คือ แผนการทดลองที่แต่ละบล็อกไม่ได้ประกอบด้วยทุกทรีตเมนต์ ซึ่งในกรณีที่แต่ละทรีตเมนต์มีความสำคัญเท่ากันผู้วิจัยควรจัดให้ทุกคู่ของทรีตเมนต์ปรากฏขึ้นในแผนแบบเป็นจำนวนเท่ากัน เรียกว่า แผนแบบบล็อกไม่สมบูรณ์ที่สมดุล (Balanced Incomplete Block Design : BIBD) นอกจากนี้ในบางการทดลองอาจพบว่าหน่วยทดลองสามารถจำแนกออกเป็นกลุ่มโดยใช้ลักษณะที่แตกต่างกันสองลักษณะที่มีความสัมพันธ์กัน กล่าวคือแผนแบบการทดลองนั้นไม่ได้มีเพียงแค่บล็อกเดียวแต่มีบล็อกย่อย (Sub-block) ซ้อนอยู่ในบล็อกหลัก (Main block) เรียกแผนแบบนี้ว่า บล็อกไม่สมบูรณ์แบบสมดุลที่ซ้อนใน (Nested Balanced Incomplete Block Designs : NBIBD)

แผนแบบบล็อกไม่สมบูรณ์แบบสมดุลที่ซ้อนใน (Nested Balanced Incomplete Block Designs : NBIBD) เป็นแผนแบบบล็อกไม่สมบูรณ์ที่ถูกนำมาประยุกต์ในหลายด้าน ไม่ว่าจะเป็นทางด้านการเกษตร ปศุสัตว์ และการทดลอง แผนแบบ NBIBD เป็นแผนแบบการทดลองที่เกิดจากการรวมกันของแผนแบบ Balanced Incomplete Block Designs (BIBD) และ แผนแบบซ้อนใน (Nested Designs) หรือสามารถพิจารณาได้ว่า แผนแบบ BIBD ซ้อนอยู่ในอีกหนึ่งแผนแบบ BIBD มักจะใช้ในกรณีที่มีปัจจัยที่ต้องการศึกษาเพียงปัจจัยเดียว และบล็อกมีขนาดเล็ก หรือจำนวนทรีตเมนต์มีขนาดใหญ่เกินไป โดยจะประกอบด้วยบล็อกสองทิศทาง ซึ่งบล็อกที่สองจะอยู่ในบล็อกที่หนึ่ง แต่ละทรีตเมนต์จะปรากฏขึ้นในแผนการทดลองเป็นจำนวนครั้งที่เท่ากัน

การสร้างแผนแบบบล็อกไม่สมบูรณ์แบบสมดุลที่ซ้อนในสามารถทำได้หลายวิธีที่แตกต่างกัน ในปี 2007 Rajender[1] ได้กล่าวถึงวิธีการสร้างแผนแบบบล็อกไม่สมบูรณ์แบบสมดุลที่ซ้อนใน 3 วิธี โดยวิธีแรกเป็นการสร้างโดยอาศัยแผนแบบ BIBD จำนวน 2 แผนแบบ และค่า Prime power (s) ในการสร้าง ซึ่งแผนแบบที่ได้เหมาะสำหรับการทดลองที่มีการทำซ้ำ (Replication) วิธีที่ 2 จะเริ่มต้นจากแผนแบบ BIBD เพื่อใช้สร้างแผนแบบบล็อกไม่สมบูรณ์แบบสมดุลที่ซ้อนในโดยในแต่ละบล็อกหลักเป็นบล็อกสมบูรณ์ ในขณะที่บล็อกย่อยเป็นบล็อกไม่สมบูรณ์ ซึ่งแผนแบบที่ได้ในแต่ละบล็อกย่อยจะรับหน่วยทดลองได้มากกว่า 2 หน่วย[2] สำหรับวิธีสุดท้ายเป็นการสร้างในกรณีที่มีแผนแบบ BIBD จำนวน 1 แผนแบบที่สามารถแบ่งแต่ละบล็อกเริ่มต้นออกเป็นบล็อกย่อยที่มีจำนวนเท่ากัน เรียกวิธีนี้ว่า Harmonised series

ในปี 2007 Rajender[1] ได้นำเสนอวิธีการสร้างแผนแบบบล็อกไม่สมบูรณ์แบบสมดุลที่ซ้อนใน โดยแบ่งออกเป็นวิธี Series-I และ Series-II ซึ่งจะใช้ในกรณีที่การทดลองมีปัจจัยที่ต้องการศึกษาเป็นจำนวนคี่ และ คู่ตามลำดับ หลังจากนั้นในปี 2015 Adeleke และ Saka[3] ได้นำเอาโครงสร้างของวิธี Series-I และ Series-II มารวมไว้ในสมการเดียวกัน ทำให้การสร้างแผนแบบใช้เพียงแค่หนึ่งบล็อกเริ่มต้นเท่านั้น โดยเรียกวิธีนี้ว่า Harmonised series ซึ่งเป็นอีกหนึ่งทางเลือกที่ผู้วิเคราะห์มักจะใช้ในการสร้างแผนแบบบล็อกไม่สมบูรณ์แบบสมดุลที่ซ้อน ที่บล็อกย่อยมีขนาดเท่ากับ 2

แผนแบบบล็อกไม่สมบูรณ์แบบสมดุลที่ซ้อนในที่สร้างจากวิธี Harmonised series เป็นแผนแบบการทดลองที่ขนาดของบล็อกย่อยเท่ากับ 2 หรือ แต่ละบล็อกย่อยสามารถรับหน่วยทดลองได้เพียงแค่ 2 หน่วย และมีจำนวนครั้งการปรากฏขึ้นของแต่ละทรีตเมนต์เท่ากัน ในกรณีที่มีค่าสูญหายเกิดขึ้นในแผนแบบการทดลอง ซึ่งอาจจะเกิดจากความเสียหายของเครื่องจักร เกิดความเสียหายกับหน่วยทดลอง การสูญหายขณะจดบันทึก หรืออื่นๆ จะทำให้ข้อมูลในแต่ละบล็อกย่อยที่ซ้อนอยู่ในบล็อกหลักเหลืออยู่เพียงแค่ 1 ข้อมูลเท่านั้น โดยการสูญหายของข้อมูลนั้นจะส่งผลกระทบต่อค่าเฉลี่ยของข้อมูล นำไปสู่ผลของการวิเคราะห์ที่ขาดความแม่นยำ และการสรุปผลที่ผิดพลาดไปจากสภาพความเป็นจริงของการทดลอง ดังนั้นปัญหาข้อมูลสูญหายจึงควรได้รับการแก้ไข เพื่อให้การวิเคราะห์มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

การแก้ไขปัญหาข้อมูลสูญหายที่เกิดขึ้นในการทดลองแบ่งออกเป็น 2 วิธีหลักๆ ได้แก่ การตัดข้อมูลที่สูญหายทิ้ง (Deletion) และ การแทนที่ค่าข้อมูลสูญหายที่ได้จากการประมาณ (Imputation) ซึ่งวิธีแรกจะทำให้จำนวนค่าสังเกตน้อยลง ส่งผลให้สารสนเทศของข้อมูลบางส่วนสูญหายไป ในขณะที่วิธีการประมาณค่าข้อมูลสูญหายจะทำให้การสรุปผลที่ได้มีความถูกต้องแม่นยำยิ่งขึ้น ดังนั้นผู้วิจัยส่วนใหญ่จึงเลือกใช้การประมาณค่าข้อมูลสูญหายที่เหมาะสมเพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว โดยทั่วไปมักจะเลือกใช้ค่าประมาณที่ทำให้ความผันแปรของความคลาดเคลื่อนมีค่าต่ำที่สุด และในบางกรณีอาจ

เลือกใช้ algorithm เข้ามาช่วยในการประมาณค่าข้อมูลสูญหาย ตัวอย่างเช่นวิธี Expectation Maximization (EM) algorithm ซึ่งจัดอยู่ในวิธี Maximum Likelihood กระบวนการวิเคราะห์ของวิธีนี้ประกอบด้วย 2 ขั้นตอน คือ Expectation และ Maximization โดยจะทำซ้ำหลายครั้งจนได้ค่าประมาณที่ถูกต้อง

สำหรับแผนแบบ NBIBD ยังไม่มีการนำเสนอวิธีการประมาณค่าข้อมูลสูญหายโดยตรง ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาการประมาณค่าสูญหายที่เกิดขึ้น 1 ค่าในแผนแบบบล็อกไม่สมบูรณ์แบบสมดุลที่ซ้อนในที่สร้างขึ้นด้วยวิธี Harmonised series วิธีการประมาณค่าสูญหายใดเหมาะสมที่จะใช้ในการประมาณค่าสูญหาย โดยจะประยุกต์วิธีการประมาณค่าข้อมูลสูญหายในแผนแบบ BIBD ที่ถูกเสนอในงานวิจัยของ Cornish[4] เนื่องจากแผนแบบบล็อกไม่สมบูรณ์แบบสมดุลที่ซ้อนในประกอบด้วยบล็อก 2 ทิศทาง เมื่อเราไม่พิจารณาบล็อกใดบล็อกหนึ่งจะได้ว่าแผนแบบที่เหลือคือ BIBD นั่นเอง โดยจะทำการเปรียบเทียบวิธีการประมาณค่าข้อมูลสูญหายที่นำเสนอกับวิธีการประมาณค่าที่ใช้โดยทั่วไป หลังจากนั้นจะทำการพิจารณาประสิทธิภาพของวิธีการประมาณค่าข้อมูลสูญหายที่นำเสนอโดยใช้ ความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (mean squared error : MSE) เป็นเกณฑ์

วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. เพื่อเสนอวิธีการประมาณค่าข้อมูลสูญหาย 1 ค่าที่เกิดขึ้นในแผนแบบบล็อกไม่สมบูรณ์แบบสมดุลที่ซ้อนใน (Nested Balanced Incomplete Block Designs : NBIBD) ที่สร้างจากวิธี Harmonised series โดยประยุกต์จากวิธีการประมาณค่าข้อมูลสูญหายในแผนแบบ BIBD ที่ถูกเสนอในงานวิจัยของ Cornish[4]

2. เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการประมาณค่าข้อมูลสูญหายที่นำเสนอโดยใช้ความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) เป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบกับวิธีการประมาณที่ใช้โดยทั่วไป

สมมติฐานของการศึกษา

การประยุกต์วิธีการประมาณค่าข้อมูลสูญหายในแผนแบบ BIBD ที่ถูกเสนอในงานวิจัยของ Cornish[4] จะสามารถใช้ในการประมาณค่าข้อมูลสูญหายในแผนแบบบล็อกไม่สมบูรณ์แบบสมดุลที่ซ้อนใน (Nested Balanced Incomplete Block Designs : NBIBD) ได้ดีในแต่ละสถานการณ์ที่แตกต่างกัน

ขอบเขตการศึกษา

ในงานวิจัยนี้จะเสนอวิธีการประมาณค่าข้อมูลสูญหาย 1 ค่าที่เกิดขึ้นในแผนแบบบล็อกไม่สมบูรณ์แบบสมดุลที่ซ้อนใน (Nested Balanced Incomplete Block Designs : NBIBD) ที่สร้างจากวิธี Harmonised series โดยกำหนดขอบเขตของการศึกษาครั้งนี้ ดังนี้

1. เปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการประมาณข้อมูลสูญหาย 3 วิธี โดยใช้ความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) ดังนี้

1.1 วิธีการที่ผู้วิจัยนำเสนอ โดยประยุกต์จากวิธีการประมาณค่าข้อมูลสูญหายในแผนแบบ BIBD ที่ถูกเสนอในงานวิจัยของ Cornish[4] ซึ่งให้ตัวประมาณค่า $\bar{Y}_{ms}$

1.2 วิธีทั่วไป โดยพิจารณาจากการประมาณค่าข้อมูลสูญหายจากแผนแบบ BIBD ที่พิจารณาเฉพาะบล็อกย่อย ซึ่งให้ตัวประมาณค่า Y_s

1.3 วิธีทั่วไป โดยพิจารณาจากค่าเฉลี่ยของค่าตอบสนองทั้งหมด ซึ่งให้ตัวประมาณค่า $\bar{Y}$

2. ศึกษาตัวแบบ NBIBD แบบอิทธิพลของทรีตเมนต์คงที่ โดยมีตัวแบบดังนี้

$$Y_{ijl} = \mu + \beta_i^{(1)} + \beta_{ij}^{(2)} + \tau_{ijl} + \varepsilon_{ijl}$$

เมื่อ Y_{ijl} คือ ค่าตอบสนองจากหน่วยตัวอย่างที่ l ในบล็อกย่อยที่ j ที่ซ้อนอยู่ในบล็อกหลักที่ i

μ คือ ค่าเฉลี่ยรวม

$\beta_i^{(1)}$ คือ อิทธิพลของบล็อกหลักที่ i

$\beta_{ij}^{(2)}$ คือ อิทธิพลของบล็อกย่อยที่ j ที่ซ้อนอยู่ในบล็อกหลัก ที่ i

τ_{ijl} คือ อิทธิพลของทรีตเมนต์ที่ให้กับหน่วยตัวอย่างที่ l ในบล็อกย่อยที่ j ที่ซ้อนอยู่ในบล็อกหลักที่ i

ε_{ijl} คือ ความคลาดเคลื่อนสุ่มจากหน่วยตัวอย่างที่ l ในบล็อกย่อยที่ j ที่ซ้อนอยู่ในบล็อกหลักที่ i โดยสมมติว่าเป็นตัวแปรสุ่มที่มีการแจกแจงปกติที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 ความแปรปรวนเท่ากับ 1 และเป็นอิสระต่อกัน

ในการจำลองแบบจะกำหนดพารามิเตอร์ ดังนี้

$$\mu = 5$$

$$\sum_{i=1}^{b_1} \beta_i{}^{(1)} = 0$$

$$\sum_{j=1}^{b_2} \beta_{ij}{}^{(2)} = 0$$

$$\sum_{i=1}^{b_1} \sum_{j=1}^{b_2} \sum_{l=1}^{2} \tau_{ijl} = 0$$

$$\varepsilon_{ijl} \sim NID(0,1)$$

โดยแบ่งออกเป็น 2 กรณี คือ ไม่มีความแตกต่างระหว่างทรีตเมนต์ และ มีความแตกต่างระหว่างทรีตเมนต์ โดยแต่ละกรณีประกอบด้วยสถานการณ์ที่ศึกษา คือ

สถานการณ์ที่ 1: ไม่มีความแตกต่างระหว่างบล็อกหลัก และ ไม่มีความแตกต่างระหว่างบล็อกย่อย

สถานการณ์ที่ 2: มีความแตกต่างระหว่างบล็อกหลัก และ ความแตกต่างระหว่างบล็อกย่อยในระดับปานกลาง

สถานการณ์ที่ 3: มีความแตกต่างระหว่างบล็อกหลักในระดับสูง และ ความแตกต่างระหว่างบล็อกย่อยในระดับปานกลาง

สถานการณ์ที่ 4: มีความแตกต่างระหว่างบล็อกหลักในระดับปานกลาง และ ความแตกต่างระหว่างบล็อกย่อยในระดับสูง

สถานการณ์ที่ 5: มีความแตกต่างระหว่างบล็อกหลัก และ ความแตกต่างระหว่างบล็อกย่อยในระดับสูง

3. กำหนดให้จำนวนทรีตเมนต์ที่ต้องการศึกษาเป็น 4, 5,..., 16 ดังนั้น สามารถเขียนจำนวนของบล็อกหลัก และ บล็อกย่อยที่สอดคล้องกับจำนวนทรีตเมนต์ ได้ดังนี้

ตารางที่ 1 จำนวนบล็อกหลัก และ บล็อกย่อยในแต่ละทรีตเมนต์

จำนวนทรีตเมนต์	จำนวนบล็อกหลัก	จำนวนบล็อกย่อย
4	3	6
5	5	10
6	5	15
7	7	21
8	7	28
9	9	36
10	9	45
11	11	55
12	11	66
13	13	78
14	13	91
15	15	105
16	15	120

4. ศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวประมาณค่าข้อมูลสูญหาย 1 ค่า ที่เกิดขึ้นในแผนแบบ NBIBD ที่สร้างจากวิธี Harmonised series โดยใช้ความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยเป็นเกณฑ์การจำลองแบบด้วยโปรแกรม MATLAB R2013a เวอร์ชั่น 8.1

5. ในการศึกษาครั้งนี้ มีการกำหนดตำแหน่งของข้อมูลที่สูญหายในการจำลองข้อมูล

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เป็นแนวทางในการหาค่าประมาณข้อมูลสูญหาย 1 ค่า ที่เกิดขึ้นในแผนแบบบล็อกไม่สมบูรณ์แบบสมดุลที่ซ้อนใน (Nested Balanced Incomplete Block Design : NBIBD) ที่สร้างจากวิธี Harmonised series

2. เปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการประมาณค่าข้อมูลสูญหายที่นำเสนอ $(\bar{Y}_{ms})$ กับวิธีประมาณที่ใช้โดยทั่วไป $(Y_s, \bar{Y})$ เพื่อหาวิธีการประมาณค่าที่เหมาะสม

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. ปัจจัย (Factor) คือ ตัวแปรที่ต้องการศึกษาว่ามีอิทธิพลต่อการทดลอง เช่น ในการศึกษาประสิทธิภาพของยาที่ใช้ป้องกันการติดเชื้อของใบยาสูบทั้ง 4 ชนิด ซึ่งปัจจัยก็คือชนิดของยา

2. ทรีตเมนต์ (Treatment) คือ ระดับต่างๆของปัจจัย (Factor) ที่ต้องการศึกษา เช่น ในการศึกษาประสิทธิภาพของยาที่ใช้ป้องกันการติดเชื้อของใบยาสูบทั้ง 4 ชนิด ซึ่งทรีตเมนต์ก็คือ ยาชนิด 1, 2, 3 และ 4 ตามลำดับ

3. หน่วยทดลอง (Experimental Unit) คือ ตัวอย่าง หรือ หน่วยที่ได้รับทรีตเมนต์ (Treatment) และ วัดอิทธิพลของทรีตเมนต์ออกมาในรูปของค่าตอบสนอง เช่น ในการศึกษาประสิทธิภาพของยาที่ใช้ป้องกันการติดเชื้อของใบยาสูบทั้ง 4 ชนิด โดยจะฉีดยาให้กับครึ่งใบของยาสูบ ดังนั้นจะพิจารณาให้หน่วยทดลอง คือ ครึ่งหนึ่งของใบของยาสูบ

4. บล็อกหลัก (Main block) คือ ลักษณะหลักที่ใช้ในการจัดหน่วยทดลอง (Experimental Unit) ที่มีลักษณะความคล้ายหรือเหมือนกันให้อยู่ในกลุ่มเดียวกัน เช่น ในการศึกษาประสิทธิภาพของยาที่ใช้ป้องกันการติดเชื้อของใบยาสูบทั้ง 4 ชนิด เนื่องจากต้นยาสูบแต่ละต้นอาจมีลักษณะแตกต่างกัน ดังนั้นอาจพิจารณาให้ลักษณะของต้นเป็นบล็อกหลัก

5. บล็อกย่อย (Sub-block) คือ ลักษณะที่ใช้ในการจัดหน่วยทดลอง (Experimental Unit) ที่มีลักษณะความคล้ายกันหรือเหมือนกันให้อยู่ในกลุ่มเดียวกัน โดยลักษณะนั้นๆจะซ้อนอยู่ในลักษะที่ใช้จัดหน่วยทดลองออกเป็นบล็อกหลัก (Main block) เช่น ในการศึกษาประสิทธิภาพของยาที่ใช้ป้องกันการติดเชื้อของใบยาสูบทั้ง 4 ชนิด เนื่องจากตำแหน่งของใบยาสูบในแต่ละต้นคือ ยอด กลาง ลำต้น และโคนต้นอาจแตกต่างกัน ดังนั้นอาจพิจารณาให้ตำแหน่งของใบยาสูบในแต่ละต้นเป็นบล็อกย่อย ที่ซ้อนอยู่ในบล็อกหลักคือต้นยาสูบแต่ละต้น

6. บล็อกเริ่มต้น (Initial block) คือ การเขียนแสดงแผนแบบการทดลอง โดยจะใช้เฉพาะบล็อกหลัก (Main block) ที่ 1 ของแต่ละแผนแบบเท่านั้น และจะแสดงการวนซ้ำจนครบแผนแบบ โดยใช้สัญลักษณ์ mod

7. ความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Mean squared error : MSE) คือ เกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินใจว่าการประมาณค่าข้อมูลสูญหายด้วยวิธีใดให้ค่าใกล้เคียงกับค่าจริงมากที่สุด

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอวิธีการประมาณค่าข้อมูลสูญหาย 1 ค่าที่เกิดขึ้นในแผนแบบบล็อกไม่สมบูรณ์แบบสมดุลที่ซ้อนใน (NBIBD) ที่สร้างจากวิธี Harmonised series โดยประยุกต์จากวิธีการประมาณค่าสูญหายในแผนแบบ BIBD ที่ถูกเสนอในงานวิจัยของ Cornish[4] เปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการประมาณข้อมูลสูญหายกับวิธีประมาณที่ใช้โดยทั่วไปในสถานการณ์ที่แตกต่างกันโดยใช้ความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) เป็นเกณฑ์ สิ่งที่กำลังจะกล่าวต่อไปในบทนี้ แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

ส่วนแรก ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ แผนแบบบล็อกไม่สมบูรณ์แบบสมดุลที่ซ้อนใน การสร้างแผนแบบแบบบล็อกไม่สมบูรณ์แบบสมดุลที่ซ้อนในด้วยวิธี Harmonised series การประมาณค่าข้อมูลสูญหายของแผนแบบ BIBD และ การประมาณค่าข้อมูลสูญหายของแผนแบบบล็อกไม่สมบูรณ์แบบสมดุลที่ซ้อนใน

ส่วนที่สอง คือ งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

1. แผนแบบบล็อกไม่สมบูรณ์แบบสมดุลที่ซ้อนใน (Nested Balanced Incomplete Block Designs : NBIBD)

แผนแบบ NBIBD เป็นแผนแบบบล็อกไม่สมบูรณ์ที่แต่ละบล็อกไม่ได้ประกอบด้วยทุกทรีตเมนต์ แผนแบบนี้มักจะใช้ในกรณีที่มีปัจจัยที่ต้องการศึกษาเพียงปัจจัยเดียว และบล็อกมีขนาดเล็กหรือจำนวนทรีตเมนต์มีขนาดใหญ่ โดยโครงสร้างของแผนแบบ NBIBD จะประกอบด้วยบล็อกสองทิศทางนั่นก็คือบล็อกหลัก และ บล็อกย่อย ซึ่งบล็อกย่อยจะอยู่ในบล็อกหลัก และนอกจากนี้แต่ละทรีตเมนต์จะปรากฏขึ้นในแผนการทดลองเป็นจำนวนครั้งที่เท่ากัน

แผนแบบ NBIBD ถูกนำมาประยุกต์ในหลายด้าน ไม่ว่าจะเป็นทางด้านการเกษตร ปศุสัตว์ และการทดลอง โดยมีตัวอย่างดังนี้

- การทดลองเกี่ยวกับพืช สมมติให้ครึ่งใบของพืชเป็นหน่วยทดลอง ทรีตเมนต์ที่ผู้วิจัยให้กับหน่วยทดลอง คือ ยาที่ใช้ป้องกันใบยาสูบจากการติดเชื้อไวรัสชนิดหนึ่ง เนื่องจากจำนวนของยามี

มากกว่าใบยาสูบ และในใบพืชมีความผันแปรในตัวเอง คือ ตำแหน่งของใบพืช และพืชแต่ละต้นต่างกัน ดังนั้นเราจะกำหนดให้ปัจจัยทั้ง 2 เป็นบล็อก โดยให้ต้นพืชเป็นบล็อกหลัก และ ตำแหน่งของใบพืชเป็นบล็อกย่อย ซึ่งตำแหน่งของใบพืชจะซ้อนอยู่ในต้นพืชแต่ละต้น[5]

- การทดลองเกี่ยวกับสัตว์ มักพิจารณาสัตว์ที่เกิดในครอกเดียวกัน หรือ คราวเดียวกันเป็นหน่วยทดลองในบล็อก และเนื่องจากสัตว์ที่เกิดในครอกเดียวกันอาจมีความผันแปร หรือ ความแตกต่างภายในตัวเอง เช่น น้ำหนักเริ่มต้นของสัตว์แต่ละตัว ดังนั้นกำหนดให้น้ำหนักตัวของสัตว์เป็นบล็อกย่อยที่ซ้อนอยู่ในครอก ซึ่งกำหนดเป็นบล็อกหลัก
- การทดลองด้านการเกษตร มักจะสนใจผลผลิตที่ได้จากผู้ปฏิบัติงานแต่ละคนที่ปฏิบัติงานในช่วงเวลาเดียวกัน หรือ ผู้ปฏิบัติงานคนเดียวกันแต่ช่วงเวลาในการปฏิบัติงานต่างกัน ซึ่งผู้วิจัยสามารถเลือกควบคุมความผันแปรของผู้ปฏิบัติงาน หรือ ช่วงเวลาในการปฏิบัติงาน โดยกำหนดให้เป็นบล็อก ซึ่งทั้ง 2 จะซ้อนอยู่ในบล็อกหลัก

สัญลักษณ์ และ พารามิเตอร์ต่างๆในแผนแบบ NBIBD สามารถกำหนดได้ดังนี้

v คือ จำนวนทรีตเมนต์ หรือ ระดับต่างๆของปัจจัยที่ต้องการศึกษา

r คือ จำนวนครั้งที่แต่ละทรีตเมนต์ปรากฏขึ้นในแผนแบบการทดลอง

b_1 คือ จำนวนบล็อกหลักของการทดลอง หรือ main-block

b_2 คือ จำนวนบล็อกย่อยของการทดลอง หรือ sub-block

k_1 คือ ขนาดของบล็อกหลัก หรือ จำนวนทรีตเมนต์ต่อ 1 บล็อกหลัก

k_2 คือ ขนาดของบล็อกย่อย หรือ จำนวนทรีตเมนต์ต่อ 1 บล็อกย่อย

λ_1 คือ จำนวนครั้งที่แต่ละคู่ของทรีตเมนต์ปรากฏขึ้นพร้อมกันในบล็อกหลัก

λ_2 คือ จำนวนครั้งที่แต่ละคู่ของทรีตเมนต์ปรากฏขึ้นพร้อมกันในบล็อกย่อย

m คือ จำนวนของบล็อกย่อยในแต่ละบล็อกหลัก

แผนแบบ NBIBD จะประกอบด้วยบล็อกหลัก ขนาด k_1 ซึ่งในแต่ละบล็อกหลัก จะประกอบด้วย m บล็อกย่อย โดยในแต่ละบล็อกย่อยมีขนาด $k_2 = \frac{k_1}{m}$ และ จำนวนของหน่วยทดลองทั้งหมด คือ $N = b_1 k_1 = b_1 m k_2$ เนื่องจากแผนแบบ NBIBD ประกอบด้วยบล็อก 2 ระบบ คือ

บล็อกหลัก และ บล็อกย่อย โดยที่บล็อกย่อยจะซ้อนอยู่ในบล็อกหลัก ซึ่งอาจพิจารณาว่าแผนแบบ NBIBD เกิดจากการซ้อนกันระหว่างแผนแบบ BIBD ทางบล็อกย่อยที่ซ้อนอยู่ในแผนแบบ BIBD ทางบล็อกหลัก ทำให้พารามิเตอร์ของแผนแบบ NBIBD คือ $(v, b_1, b_2, r, k_1, k_2)$ ซึ่งเกิดจากการรวมกันระหว่างพารามิเตอร์ 2 แผนแบบ

และถ้า

- บล็อกย่อยซ้อนอยู่ในบล็อกหลัก จะได้ว่า แต่ละบล็อกหลัก ประกอบด้วย m บล็อกย่อย
- ไม่พิจารณาบล็อกย่อย จะทำให้แผนแบบ NBIBD ลดรูปเหลือเป็นแผนแบบ BIBD ที่มี b_1 บล็อก แต่ละบล็อกประกอบด้วย k_1 ทรีตเมนต์ และทรีตเมนต์แต่ละคู่จะปรากฏขึ้นพร้อมกัน λ_1 ครั้งในแผนแบบการทดลอง
- ไม่พิจารณาบล็อกหลัก จะทำให้แผนแบบ NBIBD ลดรูปเหลือเป็นแผนแบบ BIBD ที่มี b_2 บล็อก แต่ละบล็อกประกอบด้วย k_2 ทรีตเมนต์ และทรีตเมนต์แต่ละคู่จะปรากฏขึ้นพร้อมกัน λ_2 ครั้งในแผนแบบการทดลอง

ตัวแบบของแผนแบบ NBIBD แบบอิทธิพลของทรีตเมนต์คงที่ สามารถเขียนได้ดังนี้

$$Y_{ijl} = \mu + \beta_i^{(1)} + \beta_{ij}^{(2)} + \tau_{ijl} + \varepsilon_{ijl} \qquad (1)$$

เมื่อ Y_{ijl} คือ ค่าตอบสนองจากหน่วยตัวอย่างที่ l ในบล็อกย่อยที่ j ที่ซ้อนอยู่ในบล็อกหลักที่ i

μ คือ ค่าเฉลี่ยรวม

$\beta_i^{(1)}$ คือ อิทธิพลของบล็อกหลักที่ i

$\beta_{ij}^{(2)}$ คือ อิทธิพลของบล็อกย่อยที่ j ที่ซ้อนอยู่ในบล็อกหลัก ที่ i

τ_{ijl} คือ อิทธิพลของทรีตเมนต์ที่ให้กับหน่วยตัวอย่างที่ l ในบล็อกย่อยที่ j ที่ซ้อนอยู่ในบล็อกหลักที่ i

ε_{ijl} คือ ความคลาดเคลื่อนสุ่มจากหน่วยตัวอย่างที่ l ในบล็อกย่อยที่ j ที่ซ้อนอยู่ในบล็อกหลักที่ i โดยสมมติว่าเป็นตัวแปรสุ่มที่มีการแจกแจงปกติที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 ความแปรปรวนเท่ากับ 1 และเป็นอิสระต่อกัน

จากสัญลักษณ์ และพารามิเตอร์ของแผนแบบ NBIBD สามารถนำมาเขียนแสดงความสัมพันธ์ได้ดังนี้

$$vr = b_1k_1 = b_1k_2m = b_2k_2 \tag{2}$$

ในกรณีที่ต้องการหาจำนวนหน่วยทดลองทั้งหมด สามารถหาได้จากความสัมพันธ์ในสมการที่ (2)

$$\lambda_1 = \frac{r(k_1-1)}{v-1} \quad \text{และ} \quad \lambda_2 = \frac{r(k_2-1)}{v-1} \tag{3}$$

ในกรณีที่ต้องการหาจำนวนครั้งที่แต่ละคู่ของทรีตเมนต์ปรากฏขึ้นพร้อมกันในบล็อกหลัก และ บล็อกย่อยสามารถหาได้จากความสัมพันธ์ในสมการที่ (3) ตามลำดับ

$$(\lambda_1 - m\lambda_2)(v-1) = r(m\text{-}1) \tag{4}$$

และ ในสมการที่ (4) แสดงความสัมพันธ์ของสมการที่ (2) และ (3) เมื่อทราบว่า $k_1 = mk_2$ หรือ ขนาดของบล็อกหลัก มีค่าเท่ากับผลคูณของจำนวนบล็อกย่อยในแต่ละบล็อกหลัก กับ ขนาดของบล็อกย่อย[1]

2. การสร้างแผนแบบ NBIBD ด้วยวิธี Harmonised series[1, 3]

ในกรณีที่ผู้วิจัยมีแผนแบบ BIBD ที่มีพารามิเตอร์ (v, b, r, k, λ) และมี t บล็อกเริ่มต้น (initial block) หากผู้วิจัยสามารถแบ่งแต่ละ initial block ออกเป็น m บล็อกย่อยได้

$$v = v', \; r = r', \; b_1 = b', \; k_1 = k', \tag{5}$$

$$\lambda_1 = \lambda, \; b_2 = mtv', \; k_2, \; \lambda_2 = \frac{r'(k-m)}{m(v-1)}$$

ในปี 2007 Rajender[1] ได้นำเสนอวิธีการสร้างแผนแบบบล็อกไม่สมบูรณ์แบบสมดุลที่ซ้อนใน โดยแบ่งออกเป็นวิธี Series-I และ Series-II โดยวิธี Series-I จะใช้ในกรณีที่การทดลองมีปัจจัยที่ต้องการศึกษาเป็นจำนวนคี่ และ วิธี Series-II จะใช้ในกรณีที่การทดลองมีปัจจัยที่ต้องการศึกษาเป็นจำนวนคู่ เมื่อกำหนดให้ t แทนจำนวนบล็อกย่อย สามารถเขียนความสัมพันธ์ของ t กับพารามิเตอร์ของแผนแบบ NBIBD ได้ดังนี้

- Series-I

$$\nu = 2t + 1$$
$$b_1 = 2t + 1$$
$$b_2 = t(2t + 1)$$
$$k_1 = 2t$$
$$k_2 = 2$$
$$r = 2t$$
$$\lambda_1 = 2t - 1$$
$$\lambda_2 = 1$$

- Series-II

$$\nu = 2t$$
$$b_1 = 2t - 1$$
$$b_2 = t(2t - 1)$$
$$k_1 = 2t$$
$$k_2 = 2$$
$$r = 2t - 1$$
$$\lambda_1 = 2t - 1$$
$$\lambda_2 = 1$$

สำหรับการเขียนแสดงแผนแบบ NBIBD ที่สร้างจากวิธี Series-I และ Series-II มักจะใช้เพียง initial block เดียวเท่านั้น แล้วทำการวนซ้ำแบบแทนที่โดยใช้สัญลักษณ์ mod เพื่อทำการวนซ้ำแบบเท่ากับจำนวนที่อยู่หลังสัญลักษณ์ mod ซึ่งก็คือจำนวนบล็อกหลัก ทำให้ได้แผนแบบ NBIBD ที่สมบูรณ์ โดย initial block ของทั้ง 2 วิธีสามารถแสดงได้ดังสมการ (6) และ (7) ตามลำดับ

- Series-I

$$[(1, \nu - 1), (2, \nu - 2), \ \ldots, (t, \nu - t)] \ mod \ (2t + 1) \tag{6}$$

- Series-II

$$[(1, \nu), (2, \nu - 1), \ \ldots, (t, \nu - t + 1)] \ mod \ (2t - 1) \tag{7}$$

เมื่อ t คือ จำนวนบล็อกย่อย

ν คือ จำนวนทรีตเมนต์ หรือ ระดับต่างๆของปัจจัยที่ต้องการศึกษา

ในปี 2015 Adeleke และ Saka[3] ได้นำเอาโครงสร้างของวิธี Series-I และ Series-II มารวมไว้ในสมการเดียวกัน ทำให้การสร้างแผนแบบ NBIBD ใช้เพียงแค่ 1 initial block เท่านั้น โดยเรียกวิธีนี้ว่า Harmonised series แผนแบบ NBIBD ที่สร้างจากวิธี Harmonised series เป็นแผนแบบการทดลองที่ขนาดของบล็อกย่อยเท่ากับ 2 หรือ แต่ละบล็อกย่อยสามารถรับหน่วยทดลองได้เพียงแค่ 2 หน่วย และมีจำนวนครั้งการปรากฏขึ้นของแต่ละทรีตเมนต์เป็นจำนวนเท่ากัน จะได้ว่าอนุกรมที่มีทรีตเมนต์เท่ากับ υ สามารถหาได้จาก

$$B_\upsilon = B_{(\upsilon-1)} \cup [(2, \upsilon), \ (4, \upsilon), \ \ldots, (2n, \upsilon), \ (2(n+1), \upsilon), \tag{8}$$

$$(\upsilon, 1), (\upsilon, 3), \ldots, \ (\upsilon, 2n - 1), \ (\upsilon, 2(n) + 1)]$$

เมื่อ $n = t - 1$

นั่นคือ

$$\text{Series-II} = \text{Series-I} - [(2,v),\ (4,v),\ \ldots,(2n,v),\ (2(n+1),v),\ (v,1),(v,3),\ldots,\ (v,2n-1),\ (v,2(n)+1)] \quad (9)$$

ดังนั้น

$$HS = \begin{cases} \text{Series} - \text{I}, & \text{if Series} - \text{I} \\ \text{Series} - \text{I} - \begin{bmatrix} (2,v),\ (4,v),\ \ldots,(2n,v),\ (2(n+1),v), \\ (v,1),(v,3),\ldots,\ (v,2n-1),\ (v,2(n)+1) \end{bmatrix}, & \text{if Series} - \text{II} \end{cases} \quad (10)$$

ตัวอย่างที่ 1. จาก Adeleke และ Saka[3]

ต้องการสร้างแผนแบบ NBIBD ที่มี $v = 7, t = 3,\ b_1 = 7, b_2 = 21,\ r = 6, k_1 = 6,\ k_2 = 2$

วิธีทำ จากสมการที่ (10) เนื่องจากจำนวนทรีตเมนต์ที่ต้องการศึกษาเป็นจำนวนคี่ ดังนั้นจะเลือกใช้เงื่อนไขแรกในการสร้างแผนแบบ โดยจะหา initial block โดยการแทนค่า $v = 7$ และ $t = 3$ ลงในสมการที่ (6) จะได้

[(1,6), (2,5), (3,4)] mod 7

ดังนั้น สามารถเขียนแผนแบบ NBIBD ในรูปแบบเต็มโดยการแทนที่แบบวนซ้ำได้ผลลัพธ์ คือ

[(1,6), (2,5), (3,4)]
[(2,7), (3,6), (4,5)]
[(3,1), (4,7), (5,6)]
[(4,2), (5,1), (6,7)]
[(5,3), (6,2), (7,1)]
[(6,4), (7,3), (1,2)]
[(7,5), (1,4), (2,3)]

โดยสามารถแสดงให้อยู่ในรูปแผนผังข้อมูล ดังในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผังข้อมูลของแผนแบบ NBIBD ที่มี $v = 7, t = 3,\ b_1 = 7, b_2 = 21,\ r = 6, k_1 = 6,\ k_2 = 2$

ทรีตเมนต์	บล็อกหลักที่ 1			บล็อกหลักที่ 2			...	บล็อกหลักที่ 7		
	บล็อกย่อยที่ 1	บล็อกย่อยที่ 2	บล็อกย่อยที่ 3	บล็อกย่อยที่ 1	บล็อกย่อยที่ 2	บล็อกย่อยที่ 3	...	บล็อกย่อยที่ 1	บล็อกย่อยที่ 2	บล็อกย่อยที่ 3
1	×								×	
2		×		×						×
3			×		×					×
4			×			×	...		×	
5		×				×		×		
6	×				×					
7				×				×		

ตัวอย่างที่ 2. จาก Adeleke และ Saka[3]

ต้องการสร้างแผนแบบ NBIBD ที่มี $v = 6, t = 3,\ b_1 = 5, b_2 = 15,\ r = 5, k_1 = 6,\ k_2 = 2$

วิธีทำ จากสมการที่ (10) เนื่องจากจำนวนทรีตเมนต์ที่ต้องการศึกษาเป็นจำนวนคู่ ดังนั้นจะเลือกใช้เงื่อนไขที่ 2 ในการสร้างแผนแบบ หรือก็คือสมการที่ (9) จะได้ว่า

Series-II = [(1,6), (2,5), (3,4)] − [(2,7), (4,7), (6,7), (7,1), (7,3), (7,5)]
[(2,7), (3,6), (4,5)]
[(3,1), (4,7), (5,6)]
[(4,2), (5,1), (6,7)]
[(5,3), (6,2), (7,1)]
[(6,4), (7,3), (1,2)]
[(7,5), (1,4), (2,3)]

ดังนั้น สามารถเขียนแผนแบบ NBIBD ในรูปแบบเต็ม คือ

[(1,6), (2,5), (3,4)]

[(6,2), (3,1), (4,5)]

[(3,6), (4,2), (5,1)]

[(6,4), (5,3), (1,2)]

[(5,6), (1,4), (2,3)]

โดยสามารถแสดงให้อยู่ในรูปแผนผังข้อมูล ดังในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผังข้อมูลของแผนแบบ NBIBD ที่มี $v = 6, t = 3, b_1 = 5, b_2 = 15, r = 5, k_1 = 6, k_2 = 2$

ทรีตเมนต์	บล็อกหลักที่ 1			บล็อกหลักที่ 2			...	บล็อกหลักที่ 5		
	บล็อกย่อยที่ 1	บล็อกย่อยที่ 2	บล็อกย่อยที่ 3	บล็อกย่อยที่ 1	บล็อกย่อยที่ 2	บล็อกย่อยที่ 3	...	บล็อกย่อยที่ 1	บล็อกย่อยที่ 2	บล็อกย่อยที่ 3
1	×				×				×	
2		×		×						×
3			×		×					×
4			×			×	...		×	
5		×				×		×		
6	×			×				×		

3. การประมาณค่าข้อมูลสูญหายของแผนแบบ BIBD

ในปี 1940 Cornish[4] เสนอวิธีการประมาณค่าข้อมูลสูญหายที่เกิดขึ้น 1 ค่าในแผนแบบ BIBD

โดยกำหนดให้

Y คือ ค่าของข้อมูลที่สูญหายไปจากแผนแบบ

B_Y คือ ผลรวมของค่าตอบสนองที่อยู่ในบล็อกเมื่อมีข้อมูลสูญหาย Y ใดๆ

T_Y คือ ผลรวมของการทำซ้ำของแต่ละทรีตเมนต์

S_Y คือ ผลรวมของผลรวมค่าตอบสนองในแต่ละบล็อก ตามทรีตเมนต์ โดยไม่นับรวมผลรวมค่าตอบสนองของทรีตเมนต์ที่อยู่ในบล็อกที่มีค่าสูญหาย

Q_Y คือ ผลรวมของข้อมูลทั้งหมด

โดยที่ $Q_Y = k(T_Y + Y) - (B_Y + Y) - S_Y$ และถ้าการทำซ้ำของทรีตเมนต์ที่ e ปรากฏขึ้นในบล็อกเดียวกับ Y จะได้ว่า $Q_e = kT_e - (B_Y + Y) - S_e$

การประมาณค่าข้อมูลสูญหายที่เกิดขึ้นในแผนแบบ BIBD 1 ค่านั้น สามารถหาได้จากฟังก์ชันในสมการที่ (11) ซึ่งเป็นฟังก์ชันที่ต้องทำให้ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนมีค่าต่ำที่สุด

$$Y^2 - \frac{1}{k}(B_Y + Y)^2 - \frac{1}{k^2 rE}\left({Q_Y}^2 + {Q_c}^2 + {Q_f}^2 + \cdots\right) \quad (11)$$

เมื่อ $Q_e, Q_f, \ldots$ คือ ค่าผลรวมของ $k-1$ ทรีตเมนต์ที่เหลืออยู่ในบล็อกเดียวกับข้อมูลสูญหาย โดยฟังก์ชันในสมการที่ (12) จะมีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนต่ำที่สุดเมื่อ

$$Y = \frac{1}{N - b - \ v + 1} \times \left[bB_Y + \frac{v-1}{k(k-1)}\left\{k(k-1)T_Y - (k-1)S_Y - k\left(T_e + T_f + \ldots\right) + S_e + S_f + \ldots\right\}\right] \quad (12)$$

4. การประมาณค่าข้อมูลสูญหายในแผนแบบ NBIBD

สำหรับแผนแบบ NBIBD ยังไม่มีการนำเสนอวิธีการประมาณค่าข้อมูลสูญหายโดยตรง ดังนั้นในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยจึงเสนอวิธีการประมาณค่าข้อมูลสูญหายที่เกิดขึ้นในแผนแบบ NBIBD ที่สร้างด้วยวิธี Harmonised series โดยประยุกต์จากวิธีการประมาณค่าสูญหายในแผนแบบ BIBD ที่ถูกเสนอในงานวิจัยของ Cornish[4] และ วิธีการประมาณค่าที่ใช้โดยทั่วไป 3 วิธี คือ

- วิธีการที่ผู้วิจัยนำเสนอ โดยประยุกต์จากวิธีการประมาณค่าข้อมูลสูญหายในแผนแบบ BIBD ที่ถูกเสนอในงานวิจัยของ Cornish[4] ซึ่งให้ตัวประมาณค่า $\bar{Y}_{ms}$
- วิธีทั่วไป โดยพิจารณาจากการประมาณค่าข้อมูลสูญหายจากแผนแบบ BIBD ที่พิจารณาเฉพาะบล็อกย่อย ซึ่งให้ตัวประมาณค่า Y_s
- วิธีทั่วไป โดยพิจารณาจากค่าเฉลี่ยของค่าตอบสนองทั้งหมด ซึ่งให้ตัวประมาณค่า $\bar{Y}$

โดยมีรายละเอียด ดังต่อไปนี้

4.1 วิธีทั่วไป โดยพิจารณาจากการประมาณค่าข้อมูลสูญหายจากแผนแบบ BIBD ที่พิจารณาเฉพาะบล็อกย่อย

เนื่องจากแผนแบบ NBIBD ประกอบด้วยบล็อก 2 ระบบ คือ บล็อกหลัก และ บล็อกย่อย ในกรณีที่ไม่พิจารณาบล็อกหลัก หรือก็คือ พิจารณาเฉพาะบล็อกย่อยเท่านั้น จะทำให้แผนแบบ NBIBD ลดรูปเหลือเป็นแผนแบบ BIBD ที่มี b_2 บล็อก แต่ละบล็อกประกอบด้วย k_2 ทรีตเมนต์ และทรีตเมนต์แต่ละคู่จะปรากฏขึ้นพร้อมกัน λ_2 ครั้งในแผนแบบการทดลอง ดังนั้น จะประมาณค่าข้อมูลสูญหายโดยใช้สมการที่ (13) คือ

$$Y_s = \frac{1}{N - b_2 - \upsilon + 1} \times \left[b_2 B_Y + \frac{\upsilon - 1}{k_2(k_2 - 1)} \left\{ k_2(k_2 - 1)T_Y - (k_2 - 1)S_Y - k_2\left(T_e + T_f + \ldots\right) + S_e + S_f + \ldots \right\} \right] \quad (13)$$

เมื่อ Y_s คือ ค่าประมาณข้อมูลสูญหายของแผนแบบ BIBD เมื่อพิจารณาบล็อกย่อยเท่านั้น

4.2 วิธีการที่ผู้วิจัยนำเสนอ โดยประยุกต์จากวิธีการประมาณค่าข้อมูลสูญหายในแผนแบบ BIBD ที่ถูกเสนอในงานวิจัยของ Cornish[4]

เนื่องจากแผนแบบ NBIBD ประกอบด้วยบล็อก 2 ระบบ คือ บล็อกหลัก และ บล็อกย่อย ดังนั้นการประมาณค่าข้อมูลสูญหายจะประมาณทางบล็อกหลัก 1 ครั้ง และทางบล็อกย่อย 1 ครั้ง แล้วนำค่าประมาณทั้ง 2 มาหาค่าเฉลี่ย โดยแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอนดังนี้

<u>ขั้นตอนที่ 1</u> ไม่พิจารณาบล็อกย่อยจะทำให้แผนแบบ NBIBD ลดรูปเหลือเป็นแผนแบบ BIBD ที่มี b_1 บล็อก แต่ละบล็อกประกอบด้วย k_1 ทรีตเมนต์ และทรีตเมนต์แต่ละคู่จะปรากฏขึ้นพร้อมกัน λ_1 ครั้งในแผนแบบการทดลอง ดังนั้น จะประมาณค่าข้อมูลสูญหายโดยใช้สมการที่ (14) คือ

$$Y_m = \frac{1}{N - b_1 - \upsilon + 1} \times \left[b_1 B_Y + \frac{\upsilon - 1}{k_1(k_1 - 1)} \left\{ k_1(k_1 - 1)T_Y - (k_1 - 1)S_Y - k_1\left(T_e + T_f + \ldots\right) + S_e + S_f + \ldots \right\} \right] \quad (14)$$

เมื่อ Y_m คือ ค่าประมาณข้อมูลสูญหายของแผนแบบ BIBD เมื่อพิจารณาบล็อกหลักเท่านั้น

<u>ขั้นตอนที่ 2</u> ไม่พิจารณาบล็อกหลักจะทำให้แผนแบบ NBIBD ลดรูปเหลือเป็นแผนแบบ BIBD ที่มี b_2 บล็อก แต่ละบล็อกประกอบด้วย k_2 ทรีตเมนต์ และทรีตเมนต์แต่ละคู่จะปรากฏขึ้นพร้อมกัน λ_2 ครั้งในแผนแบบการทดลอง ดังนั้น จะประมาณค่าข้อมูลสูญหายโดยใช้สมการที่ (13) คือ

$$Y_s = \frac{1}{N - b_2 - \upsilon + 1}$$
$$\times \left[b_2 B_Y + \frac{\upsilon - 1}{k_2(k_2 - 1)} \{ k_2(k_2 - 1)T_Y - (k_2 - 1)S_Y - k_2(T_e + T_f + \ldots) + S_e + S_f + \ldots \} \right] \quad (13)$$

เมื่อ Y_s คือ ค่าประมาณข้อมูลสูญหายของแผนแบบ BIBD เมื่อพิจารณาบล็อกย่อยเท่านั้น

ขั้นตอนที่ 3 นำค่าประมาณข้อมูลสูญหายในขั้นที่ 1 และขั้นที่ 2 มาหาค่าเฉลี่ยได้เป็นค่าประมาณข้อมูลสูญหายในแผนแบบ NBIBD คือ

$$\bar{Y}_{ms} = \frac{Y_m + Y_s}{2} \quad (15)$$

เมื่อ $\bar{Y}_{ms}$ คือ ค่าประมาณข้อมูลสูญหายที่ได้จากค่าเฉลี่ยของ Y_m และ Y_s

4.3 วิธีทั่วไป โดยพิจารณาจากค่าเฉลี่ยของค่าตอบสนองทั้งหมด

เนื่องจากแผนแบบ NBIBD ประกอบด้วยบล็อก 2 ระบบ คือบล็อกหลัก จำนวน b_1 บล็อก และ บล็อกย่อย จำนวน b_2 บล็อก โดยที่บล็อกย่อยจะซ้อนอยู่ในบล็อกหลัก โดยที่แต่ละบล็อกย่อยจะประกอบด้วย 2 ค่าสังเกตเท่านั้น ดังนั้น ตัวประมาณค่า $\bar{Y}$ สามารถคำนวณได้จากค่าเฉลี่ยของค่าสังเกตทั้งหมดในแผนแบบ ดังแสดงในสมการที่ (16)

$$\bar{Y} = \frac{\sum_{i=1}^{b_1} \sum_{j=1}^{b_2} \sum_{l=1}^{2} Y_{ijl}}{N-1} \quad (16)$$

เมื่อ Y_{ijl} คือ ค่าตอบสนองจากหน่วยตัวอย่างที่ l ในบล็อกย่อยที่ j ที่ซ้อนอยู่ในบล็อกหลักที่ i

b_1 คือ จำนวนบล็อกหลักของการทดลอง หรือ main-block

b_2 คือ จำนวนบล็อกย่อยของการทดลอง หรือ sub-block

N คือ จำนวนของค่าสังเกตทั้งหมดในแผนแบบ โดยที่ $N = b_1 k_1 = b_1 m k_2$

ตัวอย่างที่ 3.

ต้องการประมาณค่าข้อมูลสูญหายในแผนแบบ NBIBD โดยการทดลองนี้ประกอบด้วย 5 ทรีตเมนต์ คือ $1, 2, \ldots, 5$ มี 5 บล็อกหลัก แต่ละบล็อกหลัก ประกอบด้วย 2 บล็อกย่อย แต่ละบล็อกย่อยประกอบด้วย 2 หน่วยทดลอง และสมมติให้ Y เป็นข้อมูลสูญหาย (Y_{312})

วิธีทำ จากสมการที่ (10) เนื่องจากจำนวนทรีตเมนต์ที่ต้องการศึกษาเป็นจำนวนคี่ ดังนั้นจะเลือกใช้เงื่อนไขแรกในการสร้างแผนแบบ โดยจะหา initial block โดยการแทนค่า $v = 5$ และ $t = 2$ ลงในสมการที่ (6) จะได้

[(1,4), (2,3)] mod 5

ดังนั้น สามารถเขียนแผนแบบ NBIBD ในรูปแบบเต็มโดยการแทนที่แบบวนซ้ำได้ผลลัพธ์ คือ

[(1,4), (2,3)]

[(2,5), (3,4)]

[(3,1), (4,5)]

[(4,2), (5,1)]

[(5,3), (1,2)]

โดยสามารถแสดงให้อยู่ในรูปแผนผังข้อมูล ดังในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ข้อมูลของแผนแบบ NBIBD ที่มี $v = 5, t = 2, b_1 = 5, b_2 = 10, r = 4\ k_1 = 4, k_2 = 2$

ทรีตเมนต์	บล็อกหลักที่ 1		บล็อกหลักที่ 2		บล็อกหลักที่ 3		บล็อกหลักที่ 4		บล็อกหลักที่ 5	
	บล็อกย่อยที่ 1	บล็อกย่อยที่ 2	บล็อกย่อยที่ 1	บล็อกย่อยที่ 2	บล็อกย่อยที่ 1	บล็อกย่อยที่ 2	บล็อกย่อยที่ 1	บล็อกย่อยที่ 2	บล็อกย่อยที่ 1	บล็อกย่อยที่ 2
1	3.2916				2.8342			7.1873		3.2053
2		6.5877	5.6966				7.5855			5.8404
3		4.1955		6.7563	**2.8520**				1.0670	
4	3.1978			7.2157		6.1049	4.3331			
5			5.8351			6.7223		6.9175	2.5610	

ขั้นตอนที่ 1 ไม่พิจารณาบล็อกย่อยจะทำให้แผนแบบ NBIBD ลดรูปเหลือเป็นแผนแบบ BIBD ที่มี 5 บล็อก แต่ละบล็อกประกอบด้วย 2 ทรีตเมนต์ และทรีตเมนต์แต่ละคู่จะปรากฏขึ้นพร้อมกัน 3 ครั้งในแผนแบบการทดลอง ซึ่งแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ข้อมูลที่ใช้ในการประมาณค่าข้อมูลสูญหายในขั้นตอนที่ 1 ($r = 4,\ b_1 = 5,\ v = 5,$ $k_1 = 4, \lambda_1 = 3$)

1	3.2916	2	5.6966	1	3.2916	1	7.1873	1	3.2053
2	6.5877	3	6.7563	3	Y	2	7.5855	2	5.8404
3	4.1955	4	7.2157	4	6.1049	4	4.3331	3	1.0670
4	3.1978	5	5.8351	5	6.7223	5	6.9175	5	2.5610
17.2726		25.5037		15.6614+Y		26.0234		12.6737	

ตารางที่ 6 ค่า T และ S ของแต่ละทรีตเมนต์ของขั้นตอนที่ 1 ในตัวอย่างที่ 3

	1	2	3	4	5
$\boldsymbol{T}$	16.5184	25.7102	12.0188 + Y	20.8515	22.0359
$\boldsymbol{S}$	55.9697	81.4734	55.4500	68.7997	64.2008

ดังนั้น จะประมาณค่าข้อมูลสูญหายโดยใช้สมการที่ (14) คือ

$$Y_m = \frac{1}{20 - 5 - 5 + 1} \times \left[5(15.6614) + \frac{5-1}{4(4-1)}\{4(4-1)(12.0188) - (4-1)(55.45) - 4(16.5184 + 20.8515 + 22.0359) + 55.9697 + 68.7997 + 64.2008\}\right]$$

$$= \frac{1}{11} \times \left[78.307 + \frac{4}{12}\{144.2256 - 166.35 - 237.6232 + 188.9702\}\right]$$

$$= 4.9741$$

<u>ขั้นตอนที่ 2</u> ไม่พิจารณาบล็อกหลัก จะทำให้แผนแบบ NBIBD ลดรูปเหลือเป็นแผนแบบ BIBD ที่มี 10 บล็อก แต่ละบล็อกประกอบด้วย 2 ทรีตเมนต์ และทรีตเมนต์แต่ละคู่จะปรากฏขึ้นพร้อมกัน 1ครั้งในแผนแบบการทดลอง ซึ่งแสดงในตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ข้อมูลที่ใช้ในการประมาณค่าข้อมูลสูญหายในขั้นตอนที่ 2 ($r = 4,\ b_2 = 10,\ v = 5,$ $k_2 = 2, \lambda_2 = 1$)

1	3.2916	2	6.5877	2	5.6966	3	6.7563	1	2.8342
4	3.1978	3	4.1955	5	5.8351	4	7.2157	3	Y
6.4894		10.7832		11.5317		13.9720		2.8342 + Y	
4	6.1049	2	7.5855	1	7.1873	3	1.0670	1	3.2053
5	6.7223	4	4.3331	5	6.9175	5	2.5610	2	5.8404
12.8272		11.9186		14.1048		3.6280		9.0457	

ตารางที่ 8 ค่า T และ S ของแต่ละทรีตเมนต์ของขั้นตอนที่ 2 ในตัวอย่างที่ 3

	1	2	3	4	5
$\boldsymbol{T}$	16.5184	25.7102	12.0188 + Y	20.8515	22.0359
$\boldsymbol{S}$	29.6399	43.2792	28.3832	45.2072	42.0917

ดังนั้น จะประมาณค่าข้อมูลสูญหายโดยใช้สมการที่ (13) คือ

$$Y_s = \frac{1}{20 - 10 - 5 + 1} \times \left[10(2.8342) + \frac{5-1}{2(2-1)}\{2(2-1)(12.0188) - (2-1)(28.3832) - 2(16.5184) + 29.6399\}\right]$$

$$= \frac{1}{6} \times \left[28.3420 + \frac{4}{2}\{24.0376 - 28.3832 - 33.0368 + 29.6399\}\right]$$

$$= 2.1428$$

<u>ขั้นตอนที่ 3</u> นำค่าประมาณข้อมูลสูญหายในขั้นที่ 1 และขั้นที่ 2 มาหาค่าเฉลี่ยโดยใช้สมการที่ (15) ดังต่อไปนี้

$$\bar{Y}_{ms} = \frac{4.9741 + 2.1428}{2} = 3.5585$$

ดังนั้น ค่าประมาณข้อมูลสูญหายในแผนแบบ NBIBD ในตัวอย่างที่ 4 คือ 3.5585

ถัดไปทำการคำนวณค่าของตัวประมาณค่า $\bar{Y}$ ด้วยการหาค่าเฉลี่ยของค่าสังเกตทั้งหมดในตารางที่ 4 โดยใช้สมการที่ (16)

จาก $$\bar{Y} = \frac{\sum_{i=1}^{b_1}\sum_{j=1}^{b_2}\sum_{l=1}^{2} Y_{ijl}}{N-1}$$

$$= \frac{3.2916 + 3.1978 + \cdots + 5.8404}{20 - 1}$$

$$= 5.1124$$

จากข้อมูลในตัวอย่างที่ 3 สามารถแสดงข้อมูลสูญหายที่ประมาณได้จาก 3 วิธี ได้ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 9 ค่าประมาณข้อมูลสูญหายจาก 3 วิธี

Y	Y_s	$\bar{Y}_{ms}$	$\bar{Y}$
2.8520	2.1428	3.5585	5.1124

จากตัวอย่างข้างต้นจะได้ว่า ค่าประมาณที่ใกล้เคียงกับค่าสูญหายที่แท้จริงมากที่สุด คือ $\bar{Y}_{ms}$

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในปี 1940 Cornish[4] ได้นำเสนอวิธีการประมาณค่าข้อมูลสูญหายในแผนแบบ Balanced Incomplete Block Designs (BIBD) เมื่อมีข้อมูลสูญหายเกิดขึ้นในแผนแบบการทดลอง 1 ค่า และมากกว่า 1 ค่า โดยกรณีที่มีข้อมูลสูญหาย 1 ค่าแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

1. การประมาณค่าข้อมูลสูญหายในแผนแบบบล็อกไม่สมบูรณ์ (Incomplete block)

$$Y^2 - \frac{1}{k}(B_Y + Y)^2 - \frac{1}{k^2 rE}\left({Q_Y}^2 + {Q_c}^2 + {Q_f}^2 + \cdots\right)$$

เมื่อ $Q_e, Q_f, \ldots$ คือ ค่าผลรวมของ $k-1$ ทรีตเมนต์ที่เหลืออยู่ในบล็อกเดียวกับข้อมูลสูญหาย โดยฟังก์ชันในสมการข้างต้น จะมีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนต่ำที่สุดเมื่อ

$$Y = \frac{1}{N - b - \upsilon + 1}$$
$$\times \left[bB_Y + \frac{\upsilon - 1}{k(k-1)}\left\{k(k-1)T_Y - (k-1)S_Y - k\left(T_e + T_f + \ldots\right) + S_e + S_f + \ldots\right\}\right]$$

2. การประมาณค่าข้อมูลสูญหายที่เป็นการจัดกลุ่มในสองทิศทาง (Yoden square) ถ้ากำหนดให้ R_Y แทน ผลรวมของค่าที่อยู่ในแถวที่ประกอบด้วยข้อมูลสูญหาย Y จะได้ว่าสามารถคำนวณค่าข้อมูลสูญหาย 1 ค่า ได้จาก

$$Y = \frac{1}{(b-1)(k+2)}$$
$$\times \left[bB_Y + kR_Y - G_Y + \frac{(b-1)}{k(k-1)} \{ k(k-1)T_Y - (k-1)S_Y - k(T_e + T_f + \ldots) + S_e + S_f + \ldots \} \right]$$

กรณีที่มีข้อมูลสูญหายเกิดขึ้นในแผนแบบการทดลองมากกว่า 1 ค่า เมื่อกำหนดให้ $X, Y, \ldots$ แทนข้อมูลที่สูญหายไปจากแผนแบบการทดลอง จะสามารถเขียนฟังก์กำลังสอง (Quadratic function) ได้ดังนี้

$$X^2 + Y^2 + \cdots - \frac{1}{k}\{(B_X + X)^2 + (B_Y + Y)^2 + \cdots\}$$
$$- \frac{1}{k^2 rE}\left({Q_{XY}}^2 + {Q_c}^2 + {Q_f}^2 + \cdots + {Q_g}^2 + {Q_h}^2 + \cdots\right)$$

นอกจากนี้ยังแสดงตัวอย่างการประมาณค่าข้อมูลสูญหายทั้งกรณีที่ข้อมูลเป็นอิสระกัน (orthogonal data) และ กรณีที่ข้อมูลไม่เป็นอิสระกัน (non-orthogonal data) และ แสดงวิธีการทดสอบความมีนัยสำคัญทางสถิติของทรีตเมนต์ในแผนแบบบล็อกไม่สมบูรณ์ และ การจัดกลุ่มสองทิศทาง ว่าส่งผลต่อค่าตอบสนองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติหรือไม่อีกด้วย

ในปี 2007 Rajender[1] ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับแผนแบบบล็อกไม่สมบูรณ์แบบสมดุลที่ซ้อนใน (Nested Balanced Incomplete Block Designs : NBIBD) และ เสนอวิธีการสร้างแผนแบบ NBIBD ทั้ง 3 วิธี โดยวิธีแรกเป็นการสร้างโดยอาศัยแผนแบบ BIBD จำนวน 2 แผนแบบ และค่า Prime power (s) ซึ่งแผนแบบที่ได้เหมาะสำหรับการทดลองที่มีการทำซ้ำ (Replication) วิธีที่ 2 สร้างโดยเริ่มต้นจากแผนแบบ BIBD ซึ่งแต่ละบล็อกหลักจะเป็นบล็อกสมบูรณ์ ในขณะที่บล็อกย่อยเป็นบล็อกไม่สมบูรณ์ แผนแบบที่ได้ในแต่ละบล็อกย่อยจะรับหน่วยทดลองได้มากกว่า 2 หน่วย และวิธีสุดท้าย คือ Harmonised series เป็นการสร้างในกรณีที่มีแผนแบบ BIBD 1 แผนแบบที่สามารถแบ่งแต่ละบล็อกเริ่มต้นออกเป็นบล็อกย่อยที่มีจำนวนเท่ากัน และนอกจากนั้นยังมีการแสดงขั้นตอนและวิธีการทดสอบความมีนัยสำคัญทางสถิติของทรีตเมนต์ว่าส่งผลต่อค่าตอบสนองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติหรือไม่อีกด้วย

ในปี 2015 Adeleke และ Saka[3] ได้เสนอวิธีการสร้างแผนแบบบล็อกไม่สมบูรณ์แบบสมดุลที่ซ้อนใน (Nested Balanced Incomplete Block Designs : NBIBD) ด้วยวิธี Harmonised series ซึ่งเป็นการนำโครงสร้างของวิธี Series-I และ Series-II มารวมไว้ในสมการเดียวกัน โดยวิธี Series-I จะใช้สร้างแผนแบบ NBIBD ในกรณีที่การทดลองมีจำนวนทรีตเมนต์ที่ต้องการศึกษาเป็นจำนวนคี่ และ วิธี Series-II จะใช้ในกรณีจำนวนทรีตเมนต์ที่ต้องการศึกษาเป็นจำนวนคู่ ทำให้การ

สร้างแผนแบบ NBIBD ใช้เพียงแค่ 1 บล็อกเริ่มต้น บล็อกเริ่มต้นของวิธี Series-I และ Series-II สามารถแสดงได้ ดังนี้

Series-I : $\left[(1, v-1), (2, v-2), \ \ldots, (t, v-t)\right] \ mod \ (2t+1)$

Series-II : $\left[(1, v), (2, v-1), \ \ldots, (t, v-t+1)\right] \ mod \ (2t-1)$

เมื่อ t คือ จำนวนบล็อกย่อย

v คือ จำนวนทรีตเมนต์ หรือ ระดับต่างๆของปัจจัยที่ต้องการศึกษา

แผนแบบบล็อกไม่สมบูรณ์แบบสมดุลที่ซ้อนใน (NBIBD) สามารถสร้างได้โดยใช้สมการดังต่อไปนี้

$$HS = \begin{cases} \text{Series} - \text{I}, & \text{if Series} - \text{I} \\ \text{Series} - \text{I} - \left[\begin{matrix} (2, v), (4, v), \ \ldots, (2n, v), (2(n+1), v), \\ (v, 1), (v, 3), \ldots, (v, 2n-1), (v, 2(n)+1) \end{matrix}\right], & \text{if Series} - \text{II} \end{cases}$$

ซึ่งแผนแบบที่สร้างจากวิธี Harmonised series เป็นแผนแบบการทดลองที่แต่ละบล็อกย่อยสามารถรับหน่วยทดลองได้เพียงแค่ 2 หน่วย จำนวนครั้งของการปรากฏขึ้นของแต่ละทรีตเมนต์มีจำนวนเท่ากัน และนอกจากนี้ยังมีการแสดงตัวอย่างการสร้างแผนแบบ NBIBD ด้วยวิธี Series-I, Series-II และ Harmonised series ในกรณีที่ปัจจัยที่ต้องการศึกษาเป็นจำนวนคู่ และ จำนวนคี่ที่แตกต่างกัน โดยเริ่มตั้งแต่จำนวนทรีตเมนต์ที่สนใจมีขนาดเล็ก ไปจนถึงขนาดใหญ่

มหาวิทยาลัยศิลปากร

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอวิธีการประมาณค่าข้อมูลสูญหาย 1 ค่าที่เกิดขึ้นในแผนแบบบล็อกไม่สมบูรณ์แบบสมดุลที่ซ้อนใน (NBIBD) ที่สร้างจากวิธี Harmonised series โดยประยุกต์จากวิธีการประมาณค่าข้อมูลสูญหายในแผนแบบ BIBD ที่ถูกเสนอในงานวิจัยของ Cornish[4] และเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการประมาณค่าข้อมูลสูญหายที่นำเสนอกับวิธีประมาณค่าที่ใช้โดยทั่วไปโดยใช้ความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) เป็นเกณฑ์ และใช้โปรแกรม MATLAB R2013a เวอร์ชั่น 8.1 ในการศึกษาการจำลองแบบ ทำการศึกษา 2 กรณี คือ กรณีที่ไม่มีความแตกต่างระหว่างทรีตเมนต์ และ กรณีที่มีความแตกต่างระหว่างทรีตเมนต์ โดยสัญลักษณ์ และพารามิเตอร์ต่างๆในแผนแบบ NBIBD สามารถกำหนดได้ดังนี้

v คือ จำนวนทรีตเมนต์ หรือ ระดับต่างๆของปัจจัยที่ต้องการศึกษา

r คือ จำนวนครั้งที่แต่ละทรีตเมนต์ปรากฏขึ้นในแผนแบบการทดลอง

b_1 คือ จำนวนบล็อกหลักของการทดลอง หรือ main-block

b_2 คือ จำนวนบล็อกย่อยของการทดลอง หรือ sub-block

k_1 คือ ขนาดของบล็อกหลัก หรือ จำนวนทรีตเมนต์ต่อ 1 บล็อกหลัก

k_2 คือ ขนาดของบล็อกย่อย หรือ จำนวนทรีตเมนต์ต่อ 1 บล็อกย่อย

λ_1 คือ จำนวนครั้งที่แต่ละคู่ของทรีตเมนต์ปรากฏขึ้นพร้อมกันในบล็อกหลัก

λ_2 คือ จำนวนครั้งที่แต่ละคู่ของทรีตเมนต์ปรากฏขึ้นพร้อมกันในบล็อกย่อย

m คือ จำนวนของบล็อกย่อยในแต่ละบล็อกหลัก

ซึ่งผู้วิจัยมีขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัย ดังนี้

1. กำหนดค่าพารามิเตอร์ v ให้มีค่าอยู่ระหว่าง 4 ถึง 16 ในแผนแบบ NBIBD ที่ถูกสร้างจากวิธี Harmonised series ดังนั้นจะได้ค่าพารามิเตอร์อื่นๆดังแสดงในตารางที่ 12

ตารางที่ 10 พารามิเตอร์ของแผนแบบ NBIBD จำแนกตามจำนวนทรีตเมนต์

v	b_1	b_2	r	k_1	k_2	m
4	3	6	3	4	2	2
5	5	10	4	4	2	2
6	5	15	5	6	2	3
7	7	21	6	6	2	3
8	7	28	7	8	2	4
9	9	36	8	8	2	4
10	9	45	9	10	2	5
11	11	55	10	10	2	5
12	11	66	11	12	2	6
13	13	78	12	12	2	6
14	13	91	13	14	2	7
15	15	105	14	14	2	7
16	15	120	15	16	2	8

2. สร้างแผนแบบ NBIBD โดยใช้วิธี Harmonised series โดยเริ่มต้นจากการสร้าง initial block แล้วทำการวนซ้ำจนครบเท่ากับจำนวนของบล็อกหลัก
3. สร้างข้อมูลจากตัวแบบของแผนแบบ NBIBD แบบอิทธิพลของทรีตเมนต์คงที่ ดังนี้

$$Y_{ijl} = \mu + \beta_i^{(1)} + \beta_{ij}^{(2)} + \tau_{ijl} + \varepsilon_{ijl}$$

เมื่อ Y_{ijl} คือ ค่าตอบสนองจากหน่วยตัวอย่างที่ l ในบล็อกย่อยที่ j ที่ซ้อนอยู่ในบล็อกหลักที่ i

μ คือ ค่าเฉลี่ยรวม

$\beta_i^{(1)}$ คือ อิทธิพลของบล็อกหลักที่ i

$\beta_{ij}^{(2)}$ คือ อิทธิพลของบล็อกย่อยที่ j ที่ซ้อนอยู่ในบล็อกหลัก ที่ i

τ_{ijl} คือ อิทธิพลของทรีตเมนต์ที่ให้กับหน่วยตัวอย่างที่ l ในบล็อกย่อยที่ j ที่ซ้อนอยู่ในบล็อกหลักที่ i

ε_{ijl} คือ ความคลาดเคลื่อนสุ่มจากหน่วยตัวอย่างที่ l ในบล็อกย่อยที่ j ที่ซ้อนอยู่ในบล็อกหลักที่ i โดยสมมติว่าเป็นตัวแปรสุ่มที่มีการแจกแจงปกติที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 ความแปรปรวนเท่ากับ 1 และเป็นอิสระต่อกัน

โดยกำหนดให้ $\sum_{i=1}^{b_1} \beta_i^{(1)} = 0$

$\sum_{j=1}^{b_2} \beta_{ij}^{(2)} = 0$

$\sum_{i=1}^{b_1} \sum_{j=1}^{b_2} \sum_{l=1}^{2} \tau_{ijl} = 0$

$\varepsilon_{ijl} \sim NID(0,1)$

ในการศึกษาจำลองแบบ แบ่งออกเป็น 2 กรณี คือ ไม่มีความแตกต่างระหว่างทรีตเมนต์ และ มีความแตกต่างระหว่างทรีตเมนต์ ที่จำนวนทรีตเมนต์ $\upsilon = 4, 5, \ldots, 16$ โดยแต่ละกรณีประกอบด้วยสถานการณ์ที่ศึกษา คือ

กรณีที่ 1: ไม่มีความแตกต่างระหว่างทรีตเมนต์

สถานการณ์ที่ 1: ไม่มีความแตกต่างระหว่างบล็อกหลัก และ ไม่มีความแตกต่างระหว่างบล็อกย่อย:

$\tau_{ijl} = [0, \ldots, 0]_{\upsilon}$

$$\beta_i^{(1)} = \begin{cases} [0, \ldots, 0]_{\upsilon} & \text{เมื่อ } \upsilon \text{ เป็นจำนวนคี่} \\ [0, \ldots, 0]_{\upsilon-1} & \upsilon \text{ เป็นจำนวนคู่} \end{cases}$$

$\beta_{ij}^{(2)} = [0, \ldots, 0]_{b_2/b_1}$

สถานการณ์ที่ 2: มีความแตกต่างระหว่างบล็อกหลัก และ ความแตกต่างระหว่างบล็อกย่อยในระดับปานกลาง:

$\tau_{ijl} = [0, \ldots, 0]_{\upsilon}$

$$\beta_i^{(1)} = \begin{cases} [-1, 1, \ldots, 0, \ldots, -1, 1]_{\upsilon} & \text{เมื่อ } \upsilon \text{ เป็นจำนวนคี่} \\ [-1, 1, \ldots, 0, \ldots, -1, 1]_{\upsilon-1} & \upsilon \text{ เป็นจำนวนคู่} \end{cases}$$

$$\beta_{ij}^{(2)} = \begin{cases} [-1, 1, \ldots, 0, \ldots, -1, 1]_{b_2/b_1} & \text{เมื่อ } b_2/b_1 \text{ เป็นจำนวนคี่} \\ [-1, 1, \ldots, -1, 1]_{b_2/b_1} & b_2/b_1 \text{ เป็นจำนวนคู่} \end{cases}$$

สถานการณ์ที่ 3: มีความแตกต่างระหว่างบล็อกหลักในระดับสูง และ ความแตกต่างระหว่างบล็อกย่อยในระดับปานกลาง:

$\tau_{ijl} = [0, \dots, 0]_v$

$$\beta_i^{(1)} = \begin{cases} [-2, 2, \dots, 0, \dots, -2, 2]_v & \text{เมื่อ } v \text{ เป็นจำนวนคี่} \\ [-2, 2, \dots, 0, \dots, -2, 2]_{v-1} & v \text{ เป็นจำนวนคู่} \end{cases}$$

$$\beta_{ij}^{(2)} = \begin{cases} [-1, 1, \dots, 0, \dots, -1, 1]_{b_2/b_1} & \text{เมื่อ } b_2/b_1 \text{ เป็นจำนวนคี่} \\ [-1, 1, \dots, -1, 1]_{b_2/b_1} & b_2/b_1 \text{ เป็นจำนวนคู่} \end{cases}$$

สถานการณ์ที่ 4: มีความแตกต่างระหว่างบล็อกหลักในระดับปานกลาง และ ความแตกต่างระหว่างบล็อกย่อยในระดับสูง:

$\tau_{ijl} = [0, \dots, 0]_v$

$$\beta_i^{(1)} = \begin{cases} [-1, 1, \dots, 0, \dots, -1, 1]_v & \text{เมื่อ } v \text{ เป็นจำนวนคี่} \\ [-1, 1, \dots, 0, \dots, -1, 1]_{v-1} & v \text{ เป็นจำนวนคู่} \end{cases}$$

$$\beta_{ij}^{(2)} = \begin{cases} [-2, 2, \dots, 0, \dots, -2, 2]_{b_2/b_1} & \text{เมื่อ } b_2/b_1 \text{ เป็นจำนวนคี่} \\ [-2, 2, \dots, -2, 2]_{b_2/b_1} & b_2/b_1 \text{ เป็นจำนวนคู่} \end{cases}$$

สถานการณ์ที่ 5: มีความแตกต่างระหว่างบล็อกหลัก และ ความแตกต่างระหว่างบล็อกย่อยในระดับสูง:

$\tau_{ijl} = [0, \dots, 0]_v$

$$\beta_i^{(1)} = \begin{cases} [-2, 2, \dots, 0, \dots, -2, 2]_v & \text{เมื่อ } v \text{ เป็นจำนวนคี่} \\ [-2, 2, \dots, 0, \dots, -2, 2]_{v-1} & v \text{ เป็นจำนวนคู่} \end{cases}$$

$$\beta_{ij}^{(2)} = \begin{cases} [-2, 2, \dots, 0, \dots, -2, 2]_{b_2/b_1} & \text{เมื่อ } b_2/b_1 \text{ เป็นจำนวนคี่} \\ [-2, 2, \dots, -2, 2]_{b_2/b_1} & b_2/b_1 \text{ เป็นจำนวนคู่} \end{cases}$$

กรณีที่ 2: มีความแตกต่างระหว่างทรีตเมนต์

สถานการณ์ที่ 1: ไม่มีความแตกต่างระหว่างบล็อกหลัก และ ไม่มีความแตกต่างระหว่างบล็อกย่อย:

$$\tau_{ijl} = \begin{cases} [-1, 1, \dots, 0, \dots, -1, 1]_v & \text{เมื่อ } v \text{ เป็นจำนวนคี่} \\ [-1, 1, \dots, -1, 1]_v & v \text{ เป็นจำนวนคู่} \end{cases}$$

$$\beta_i^{(1)} = \begin{cases} [0, \dots, 0]_v & \text{เมื่อ } v \text{ เป็นจำนวนคี} \\ [0, \dots, 0]_{v-1} & v \text{ เป็นจำนวนคู่} \end{cases}$$

$$\beta_{ij}^{(2)} = \begin{cases} [0, \dots, 0]_{b_2/b_1} & \text{เมื่อ } b_2/b_1 \text{ เป็นจำนวนคี่} \\ [0, \dots, 0]_{b_2/b_1} & b_2/b_1 \text{ เป็นจำนวนคู่} \end{cases}$$

สถานการณ์ที่ 2: มีความแตกต่างระหว่างบล็อกหลัก และ ความแตกต่างระหว่างบล็อกย่อย ในระดับปานกลาง:

$$\tau_{ijl} = \begin{cases} [-1, 1, \dots, 0, \dots, -1, 1]_{\upsilon} & \text{เมื่อ } \upsilon \text{ เป็นจำนวนคี่} \\ [-1, 1, \dots, -1, 1]_{\upsilon} & \upsilon \text{ เป็นจำนวนคู่} \end{cases}$$

$$\beta_i^{(1)} = \begin{cases} [-1, 1, \dots, 0, \dots, -1, 1]_{\upsilon} & \text{เมื่อ } \upsilon \text{ เป็นจำนวนคี่} \\ [-1, 1, \dots, 0, \dots, -1, 1]_{\upsilon-1} & \upsilon \text{ เป็นจำนวนคู่} \end{cases}$$

$$\beta_{ij}^{(2)} = \begin{cases} [-1, 1, \dots, 0, \dots, -1, 1]_{b_2/b_1} & \text{เมื่อ } b_2/b_1 \text{ เป็นจำนวนคี่} \\ [-1, 1, \dots, -1, 1]_{b_2/b_1} & b_2/b_1 \text{ เป็นจำนวนคู่} \end{cases}$$

สถานการณ์ที่ 3: มีความแตกต่างระหว่างบล็อกหลักในระดับสูง และ ความแตกต่างระหว่างบล็อกย่อยในระดับปานกลาง:

$$\tau_{ijl} = \begin{cases} [-1, 1, \dots, 0, \dots, -1, 1]_{\upsilon} & \text{เมื่อ } \upsilon \text{ เป็นจำนวนคี่} \\ [-1, 1, \dots, -1, 1]_{\upsilon} & \upsilon \text{ เป็นจำนวนคู่} \end{cases}$$

$$\beta_i^{(1)} = \begin{cases} [-2, 2, \dots, 0, \dots, -2, 2]_{\upsilon} & \text{เมื่อ } \upsilon \text{ เป็นจำนวนคี่} \\ [-2, 2, \dots, 0, \dots, -2, 2]_{\upsilon-1} & \upsilon \text{ เป็นจำนวนคู่} \end{cases}$$

$$\beta_{ij}^{(2)} = \begin{cases} [-1, 1, \dots, 0, \dots, -1, 1]_{b_2/b_1} & \text{เมื่อ } b_2/b_1 \text{ เป็นจำนวนคี่} \\ [-1, 1, \dots, -1, 1]_{b_2/b_1} & b_2/b_1 \text{ เป็นจำนวนคู่} \end{cases}$$

สถานการณ์ที่ 4: มีความแตกต่างระหว่างบล็อกหลักในระดับปานกลาง และ ความแตกต่างระหว่างบล็อกย่อยในระดับสูง:

$$\tau_{ijl} = \begin{cases} [-1, 1, \dots, 0, \dots, -1, 1]_{\upsilon} & \text{เมื่อ } \upsilon \text{ เป็นจำนวนคี่} \\ [-1, 1, \dots, -1, 1]_{\upsilon} & \upsilon \text{ เป็นจำนวนคู่} \end{cases}$$

$$\beta_i^{(1)} = \begin{cases} [-1, 1, \dots, 0, \dots, -1, 1]_{\upsilon} & \text{เมื่อ } \upsilon \text{ เป็นจำนวนคี่} \\ [-1, 1, \dots, 0, \dots, -1, 1]_{\upsilon-1} & \upsilon \text{ เป็นจำนวนคู่} \end{cases}$$

$$\beta_{ij}^{(2)} = \begin{cases} [-2, 2, \dots, 0, \dots, -2, 2]_{b_2/b_1} & \text{เมื่อ } b_2/b_1 \text{ เป็นจำนวนคี่} \\ [-2, 2, \dots, -2, 2]_{b_2/b_1} & b_2/b_1 \text{ เป็นจำนวนคู่} \end{cases}$$

สถานการณ์ที่ 5: มีความแตกต่างระหว่างบล็อกหลัก และ ความแตกต่างระหว่างบล็อกย่อย ในระดับสูง:

$$\tau_{ijl} = \begin{cases} [-1, 1, \dots, 0, \dots, -1, 1]_{\upsilon} & \text{เมื่อ } \upsilon \text{ เป็นจำนวนคี่} \\ [-1, 1, \dots, -1, 1]_{\upsilon} & \upsilon \text{ เป็นจำนวนคู่} \end{cases}$$

$$\beta_i^{(1)} = \begin{cases} [-2, 2, \dots, 0, \dots, -2, 2]_{\upsilon} & \text{เมื่อ } \upsilon \text{ เป็นจำนวนคี่} \\ [-2, 2, \dots, 0, \dots, -2, 2]_{\upsilon-1} & \upsilon \text{ เป็นจำนวนคู่} \end{cases}$$

$$\beta_{ij}^{(2)} = \begin{cases} [-2, 2, \dots, 0, \dots, -2, 2]_{b_2/b_1} & \text{เมื่อ } b_2/b_1 \text{ เป็นจำนวนคี่} \\ [-2, 2, \dots, -2, 2]_{b_2/b_1} & b_2/b_1 \text{ เป็นจำนวนคู่} \end{cases}$$

4. ไม่พิจารณาบล็อกย่อยทำให้แผนแบบ NBIBD ลดรูปเหลือเป็นแผนแบบ BIBD ที่มี b_1 บล็อก แต่ละบล็อกประกอบด้วย k_1 ทรีตเมนต์ และทรีตเมนต์แต่ละคู่จะปรากฏขึ้นพร้อมกัน λ_1 ครั้งในแผนแบบ แล้วทำการประมาณค่าข้อมูลสูญหายโดยใช้สมการที่ (14)

$$Y_m = \frac{1}{N - b_1 - \ v + 1} \times \left[b_1 B_Y + \frac{v-1}{k_1(k_1-1)} \{ k_1(k_1-1)T_Y - (k_1-1)S_Y - k_1(T_e + T_f + \ldots) + S_e + S_f + \ldots \} \right]$$

5. สร้างตัวประมาณค่าสูญหายตัวแรก โดยไม่พิจารณาบล็อกหลักจะทำให้แผนแบบ NBIBD ลดรูปเหลือเป็นแผนแบบ BIBD ที่มี b_2 บล็อก แต่ละบล็อกประกอบด้วย k_2 ทรีตเมนต์ และทรีตเมนต์แต่ละคู่จะปรากฏขึ้นพร้อมกัน λ_2 ครั้งในแผนแบบ แล้วทำการประมาณค่าข้อมูลสูญหายโดยใช้สมการที่ (13)

$$Y_s = \frac{1}{N - b_2 - \ v + 1} \times \left[b_2 B_Y + \frac{v-1}{k_2(k_2-1)} \{ k_2(k_2-1)T_Y - (k_2-1)S_Y - k_2(T_e + T_f + \ldots) + S_e + S_f + \ldots \} \right]$$

6. นำค่าประมาณข้อมูลสูญหายในขั้นที่ 1 และขั้นที่ 2 มาหาค่าเฉลี่ยได้เป็นตัวประมาณค่าสูญหายในแผนแบบ NBIBD ตัวที่ 2 โดยใช้สมการที่ (15)

$$\bar{Y}_{ms} = \frac{Y_m + Y_s}{2}$$

7. สร้างตัวประมาณค่าสูญหายตัวที่ 3 โดยหาค่าเฉลี่ยของค่าสังเกตทั้งหมดในแผนแบบที่ได้จากขั้นตอนที่ 3. โดยใช้สมการ (16)

$$\bar{Y} = \frac{\sum_{i=1}^{b_1} \sum_{j=1}^{b_2} \sum_{l=1}^{2} Y_{ijl}}{N - 1}$$

8. ทำซ้ำในขั้นตอนที่ 1-7 จำนวน 10,000 รอบ
9. คำนวณค่า MSE จากผลลัพธ์ในขั้นตอนที่ 8. จะได้ค่า MSE ของตัวประมาณค่าทั้ง 3. ดังนี้

    9.1 ความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของ Y_s

$$\text{MSE}(Y_s) = \frac{\sum_{h=1}^{10000} (Y_h - Y_s)^2}{10000}$$

9.2 ความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของ $\bar{Y}_{ms}$

$$\text{MSE}\left(\bar{Y}_{ms}\right) = \frac{\sum_{h=1}^{10000}(Y_h - \bar{Y}_{ms})^2}{10000}$$

9.3 ความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของ $\bar{Y}$

$$\text{MSE}\left(\bar{Y}\right) = \frac{\sum_{h=1}^{10000}(Y_h - \bar{Y})^2}{10000}$$

เมื่อ Y_h คือ ค่าของข้อมูลที่สูญหายไปจากแผนแบบบล็อกไม่สมบูรณ์แบบสมดุลที่ซ้อนใน ในการทำซ้ำรอบที่ $h = 1, 2, \ldots, 10{,}000$

Y_s คือ ค่าประมาณข้อมูลสูญหายของแผนแบบ BIBD เมื่อพิจารณาบล็อกย่อย เท่านั้น

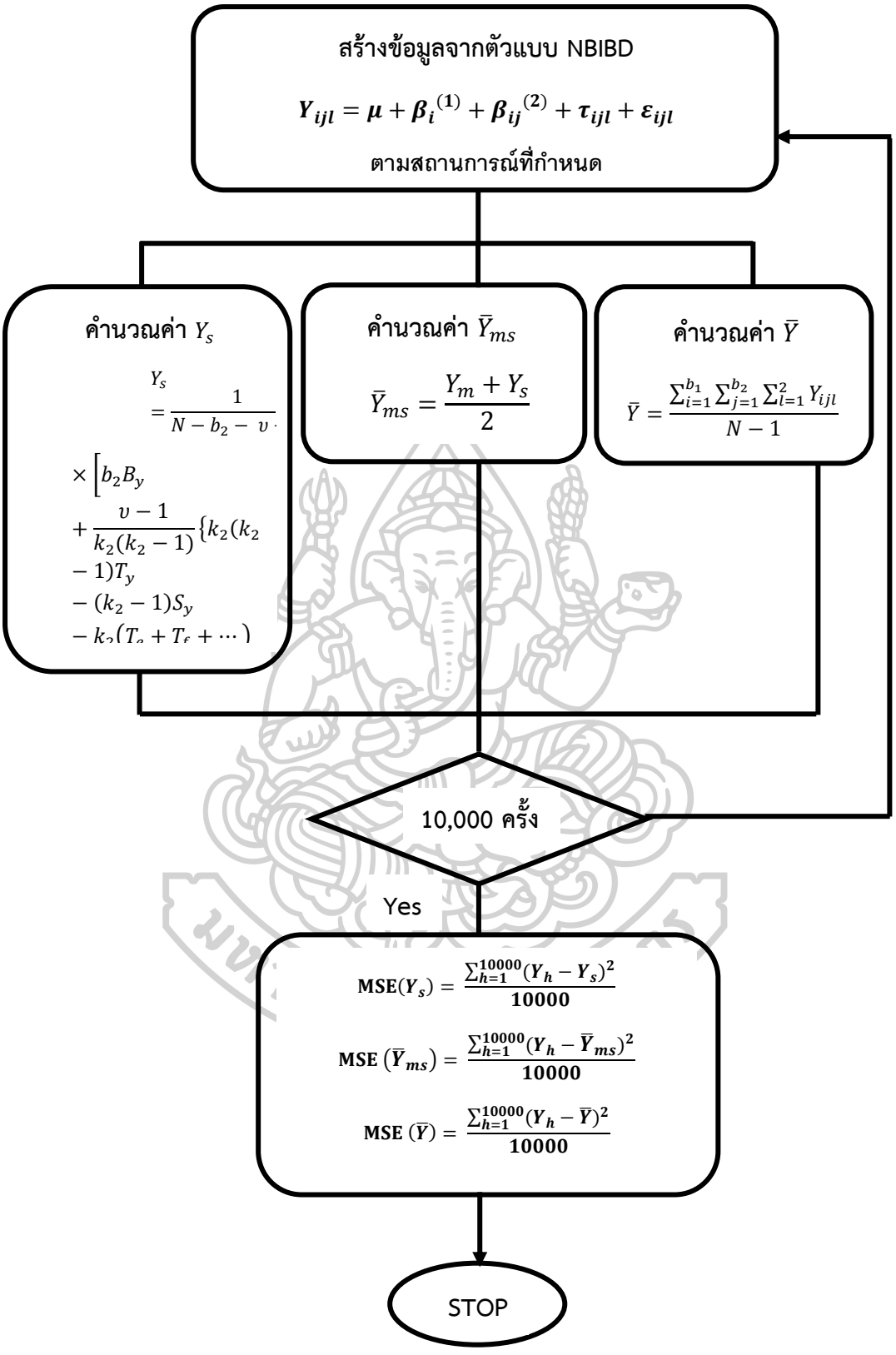
$\bar{Y}_{ms}$ คือ ค่าประมาณข้อมูลสูญหายที่ได้จากค่าเฉลี่ยของ Y_m และ Y_s

$\bar{Y}$ คือ ค่าเฉลี่ยของค่าสังเกตทั้งหมด

10. เปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการประมาณค่าข้อมูลสูญหายที่นำเสนอทั้ง 3 วิธี โดยใช้ค่า MSE จากขั้นตอนที่ 9.

ขั้นตอนในการดำเนินงานสามารถแสดงได้ดังภาพที่ 1

มหาวิทยาลัยศิลปากร



ภาพที่ 1 แผนภาพแสดงลำดับขั้นตอนการดำเนินงาน

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอวิธีการประมาณค่าข้อมูลสูญหาย 1 ค่าที่เกิดขึ้นในแผนแบบบล็อกไม่สมบูรณ์แบบสมดุลที่ซ้อนใน (NBIBD) ที่สร้างจากวิธี Harmonised series โดยจะประยุกต์จากวิธีการประมาณค่าข้อมูลสูญหายในแผนแบบ BIBD ที่ถูกเสนอในงานวิจัยของ Cornish[4] หลังจากนั้นทำการศึกษาเปรียบประสิทธิภาพของวิธีการประมาณค่าข้อมูลสูญหายที่นำเสนอ กับวิธีการประมาณค่าที่ใช้โดยทั่วไป โดยใช้ความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยเป็นเกณฑ์

ในการศึกษาการจำลองแบบทำการศึกษา 2 กรณี คือ กรณีที่ไม่มีความแตกต่างระหว่างทรีตเมนต์ และ กรณีที่มีความแตกต่างระหว่างทรีตเมนต์ โดยแต่ละกรณีจะประกอบด้วยสถานการณ์ที่ศึกษาทั้งหมด 5 สถานการณ์ คือ

สถานการณ์ที่ 1: ไม่มีความแตกต่างระหว่างบล็อกหลัก และ ไม่มีความแตกต่างระหว่างบล็อกย่อย

สถานการณ์ที่ 2: มีความแตกต่างระหว่างบล็อกหลัก และ ความแตกต่างระหว่างบล็อกย่อยในระดับปานกลาง

สถานการณ์ที่ 3: มีความแตกต่างระหว่างบล็อกหลักในระดับสูง และ ความแตกต่างระหว่างบล็อกย่อยในระดับปานกลาง

สถานการณ์ที่ 4: มีความแตกต่างระหว่างบล็อกหลักในระดับปานกลาง และ ความแตกต่างระหว่างบล็อกย่อยในระดับสูง

สถานการณ์ที่ 5: มีความแตกต่างระหว่างบล็อกหลัก และ ความแตกต่างระหว่างบล็อกย่อยในระดับสูง

งานวิจัยนี้สร้างการจำลองแบบโดยโปรแกรม MATLAB R2013a เวอร์ชั่น 8.1 โดยมีการทำซ้ำ 10,000 รอบ สำหรับการนำเสนอผลการวิจัย นำเสนอในรูปของตาราง และ กราฟ ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

กรณีที่ 1: กรณีที่ไม่มีความแตกต่างระหว่างทรีตเมนต์

สถานการณ์ที่ 1: ไม่มีความแตกต่างระหว่างบล็อกหลัก และ ไม่มีความแตกต่างระหว่างบล็อกย่อย

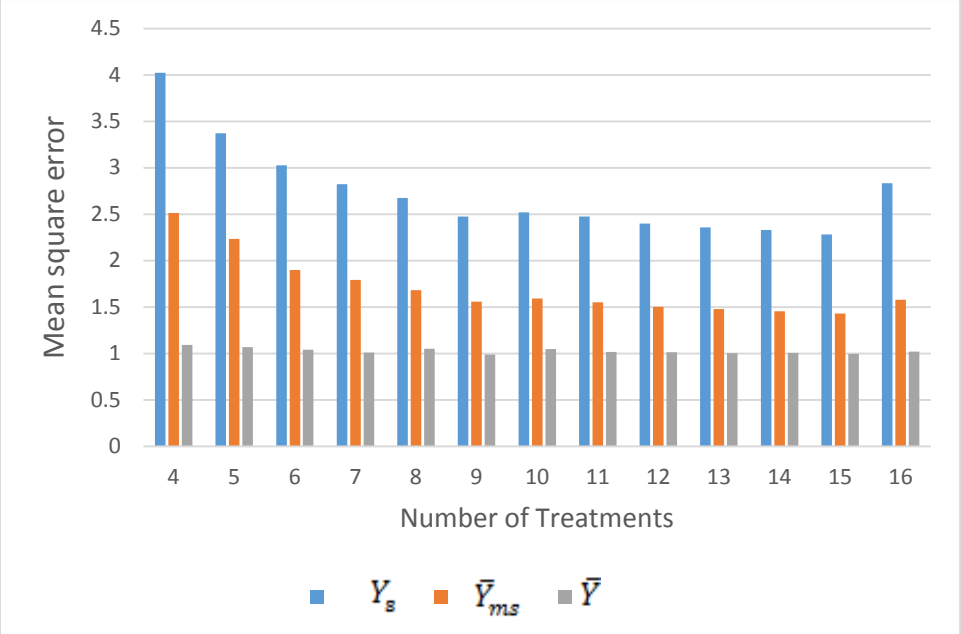
ตารางที่ 11 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยในสถานการณ์ที่ 1 กรณีที่ไม่มีความแตกต่างระหว่างทรีตเมนต์

จำนวนบล็อกย่อยในแต่ละบล็อกหลัก (m)	จำนวนทรีตเมนต์ (v)	Series	MSE		
			Y_s	$\bar{Y}_{ms}$	$\bar{Y}$
2	4	II	4.0226	2.5125	**1.0929**
	5	I	3.3712	2.2316	**1.0670**
3	6	II	3.0267	1.8997	**1.0398**
	7	I	2.8240	1.7904	**1.0084**
4	8	II	2.6748	1.6820	**1.0507**
	9	I	2.4750	1.5585	**0.9893**
5	10	II	2.5180	1.5913	**1.0455**
	11	I	2.4749	1.5510	**1.0140**
6	12	II	2.3994	1.5022	**1.0112**
	13	I	2.3563	1.4772	**1.0017**
7	14	II	2.3309	1.4531	**1.0046**
	15	I	2.2812	1.4312	**0.9949**
8	16	II	2.8345	1.5777	**1.0180**

หมายเหตุ ตัวหนา คือ ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยน้อยที่สุด

จากตารางที่ 11 เมื่อพิจารณาจำนวนทรีตเมนต์เท่ากับ 4 ถึง 16 พบว่า ตัวประมาณค่า $\bar{Y}$ มีประสิทธิภาพมากที่สุด โดยทำให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยที่น้อยที่สุด รองลงมาคือตัวประมาณค่า $\overline{\mathrm{Y}}_{\mathrm{ms}}$ และ ตัวประมาณค่า Y_s ให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยที่มากที่สุด ดังแสดง

ในภาพที่ 2 เมื่อพิจารณาในแต่ละบล็อกย่อย พบว่า เมื่อจำนวนทรีตเมนต์เพิ่มขึ้นค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยมีค่าลดลง



ภาพที่ 2 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณค่าข้อมูลสูญหาย Y_s , $\bar{Y}_{ms}$ และ $\bar{Y}$ จำแนกตามจำนวนทรีตเมนต์ ของในสถานการณ์ที่ 1 กรณีที่ไม่มีความแตกต่างระหว่างทรีตเมนต์

มหาวิทยาลัยศิลปากร

สถานการณ์ที่ 2: มีความแตกต่างระหว่างบล็อกหลัก และ ความแตกต่างระหว่างบล็อกย่อยในระดับปานกลาง

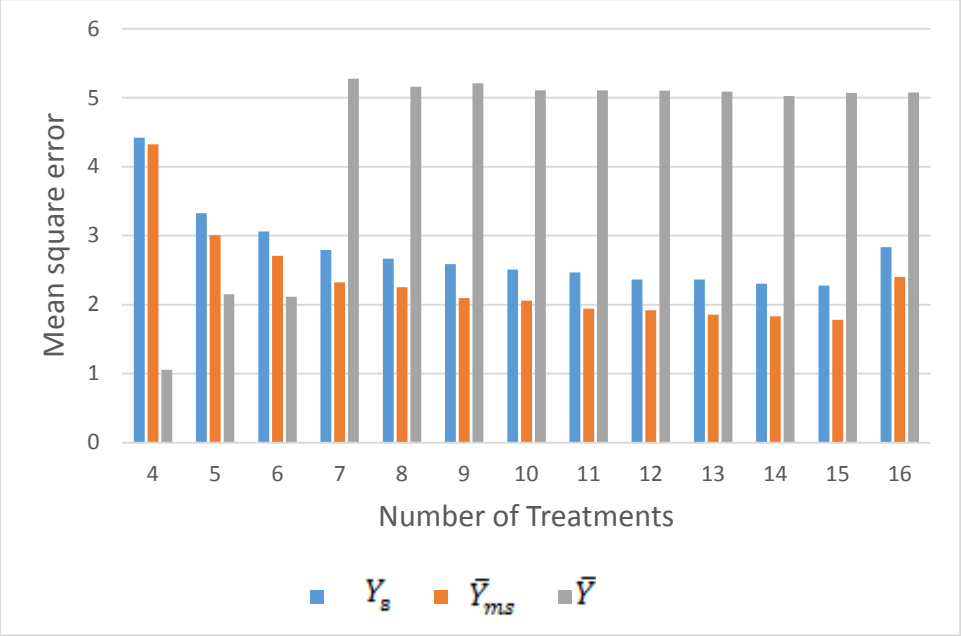
ตารางที่ 12 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยในสถานการณ์ที่ 2 กรณีที่ไม่มีความแตกต่างระหว่างทรีตเมนต์

จำนวนบล็อกย่อยในแต่ละบล็อกหลัก (m)	จำนวนทรีตเมนต์ (v)	Series	MSE		
			Y_s	$\bar{Y}_{ms}$	$\bar{Y}$
2	4	II	4.4216	4.3236	**1.0568**
	5	I	3.3235	3.0037	**2.1491**
3	6	II	3.0610	2.7073	**2.1143**
	7	I	2.7906	**2.3222**	5.2742
4	8	II	2.6668	**2.2538**	5.1581
	9	I	2.5894	**2.0967**	5.2092
5	10	II	2.5100	**2.0563**	5.1057
	11	I	2.4685	**1.9413**	5.1055
6	12	II	2.3668	**1.9204**	5.1048
	13	I	2.3659	**1.8521**	5.0899
7	14	II	2.3052	**1.8294**	5.0232
	15	I	2.2775	**1.7788**	5.0723
8	16	II	2.8347	**2.4020**	5.0736

หมายเหตุ ตัวหนา คือ ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยน้อยที่สุด

จากตารางที่ 12 เมื่อพิจารณาจำนวนทรีตเมนต์เท่ากับ 4 ถึง 6 พบว่า ตัวประมาณค่า $\bar{Y}$ มีประสิทธิภาพมากที่สุด โดยทำให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยที่น้อยที่สุด รองลงมาคือตัวประมาณค่า $\overline{\mathrm{Y}}_{\mathrm{ms}}$ และ ตัวประมาณค่า Y_s ให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยที่มากที่สุด

และเมื่อพิจารณาจำนวนทรีตเมนต์เท่ากับ 7 ถึง 16 พบว่า ตัวประมาณค่า $\bar{Y}_{ms}$ มีประสิทธิภาพมากที่สุด โดยทำให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยที่น้อยที่สุด รองลงมาคือตัวประมาณค่า Y_s และ ตัวประมาณค่า $\bar{Y}$ ให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยที่มากที่สุด ดังแสดงในภาพที่ 3 เมื่อพิจารณาในแต่ละบล็อกย่อย พบว่า โดยส่วนใหญ่แล้วเมื่อจำนวนทรีตเมนต์เพิ่มขึ้นค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณค่า Y_s และ $\bar{Y}_{ms}$ มีค่าลดลง ยกเว้นตัวประมาณค่า $\bar{Y}$ ที่บางกรณีจะมีค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยพิ่มขึ้น เมื่อจำนวนทรีตเมนต์เพิ่มขึ้น



ภาพที่ 3 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณค่าข้อมูลสูญหาย Y_s , $\bar{Y}_{ms}$ และ $\bar{Y}$ จำแนกตามจำนวนทรีตเมนต์ ของในสถานการณ์ที่ 2 กรณีที่ไม่มีความแตกต่างระหว่างทรีตเมนต์

สถานการณ์ที่ 3: มีความแตกต่างระหว่างบล็อกหลักในระดับสูง และ ความแตกต่างระหว่างบล็อกย่อยในระดับปานกลาง

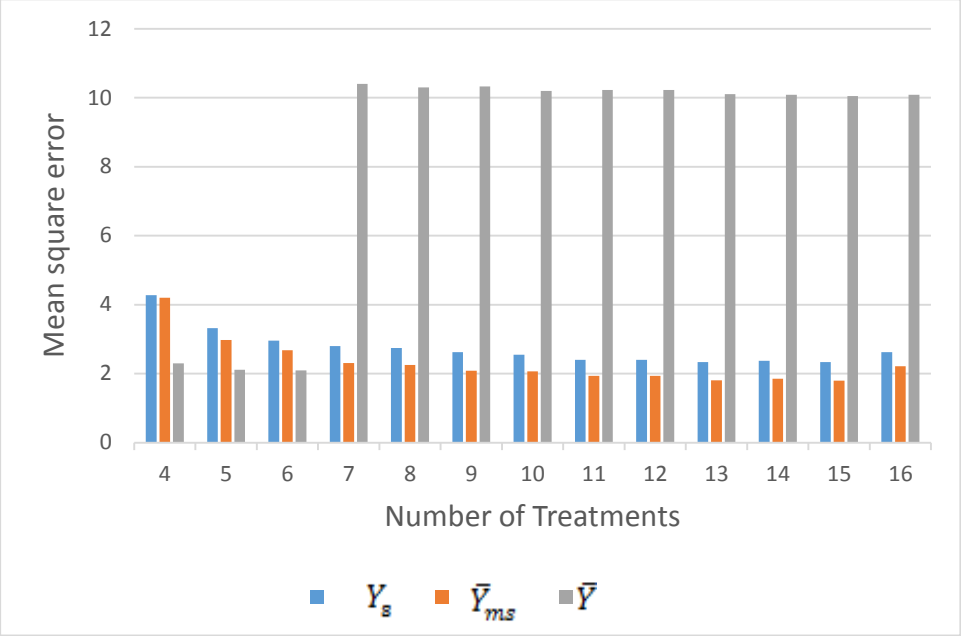
ตารางที่ 13 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยในสถานการณ์ที่ 3 กรณีที่ไม่มีความแตกต่างระหว่างทรีตเมนต์

จำนวนบล็อกย่อยในแต่ละบล็อกหลัก (m)	จำนวนทรีตเมนต์ (v)	Series	MSE		
			Y_s	$\bar{Y}_{ms}$	$\bar{Y}$
2	4	II	4.2740	4.1981	**2.3009**
	5	I	3.3204	2.9772	**2.1125**
3	6	II	2.9556	2.6781	**2.0970**
	7	I	2.8021	**2.3029**	10.4019
4	8	II	2.7415	**2.2505**	10.2947
	9	I	2.6206	**2.0840**	10.3273
5	10	II	2.5507	**2.0697**	10.1933
	11	I	2.3977	**1.9369**	10.2230
6	12	II	2.3998	**1.9387**	10.2203
	13	I	2.3323	**1.8099**	10.0998
7	14	II	2.3705	**1.8544**	10.0860
	15	I	2.3366	**1.7973**	10.0498
8	16	II	2.6183	**2.2161**	10.0845

หมายเหตุ ตัวหนา คือ ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยน้อยที่สุด

จากตารางที่ 13 เมื่อพิจารณาจำนวนทรีตเมนต์เท่ากับ 4 ถึง 6 พบว่า ตัวประมาณค่า $\bar{Y}$ มีประสิทธิภาพมากที่สุด โดยทำให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยที่น้อยที่สุด รองลงมาคือตัวประมาณค่า $\overline{\mathrm{Y}}_{\mathrm{ms}}$ และ ตัวประมาณค่า Y_s ให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยที่มากที่สุด

และเมื่อพิจารณาจำนวนทรีตเมนต์เท่ากับ 7 ถึง 16 พบว่า ตัวประมาณค่า $\bar{Y}_{ms}$ มีประสิทธิภาพมากที่สุด โดยทำให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยที่น้อยที่สุด รองลงมาคือตัวประมาณค่า Y_s และ ตัวประมาณค่า $\bar{Y}$ ให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยที่มากที่สุด ดังแสดงในภาพที่ 4 เมื่อพิจารณาในแต่ละบล็อกย่อย พบว่า โดยส่วนใหญ่แล้วเมื่อจำนวนทรีตเมนต์เพิ่มขึ้นค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณค่า Y_s และ $\bar{Y}_{ms}$ มีค่าลดลง ยกเว้นตัวประมาณค่า $\bar{Y}$ ที่บางกรณีจะมีค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยพิ่มขึ้น เมื่อจำนวนทรีตเมนต์เพิ่มขึ้น



ภาพที่ 4 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณค่าข้อมูลสูญหาย Y_s , $\bar{Y}_{ms}$ และ $\bar{Y}$ จำแนกตามจำนวนทรีตเมนต์ ของในสถานการณ์ที่ 3 กรณีที่ไม่มีความแตกต่างระหว่างทรีตเมนต์

สถานการณ์ที่ 4: มีความแตกต่างระหว่างบล็อกหลักในระดับปานกลาง และ ความแตกต่างระหว่างบล็อกย่อยในระดับสูง

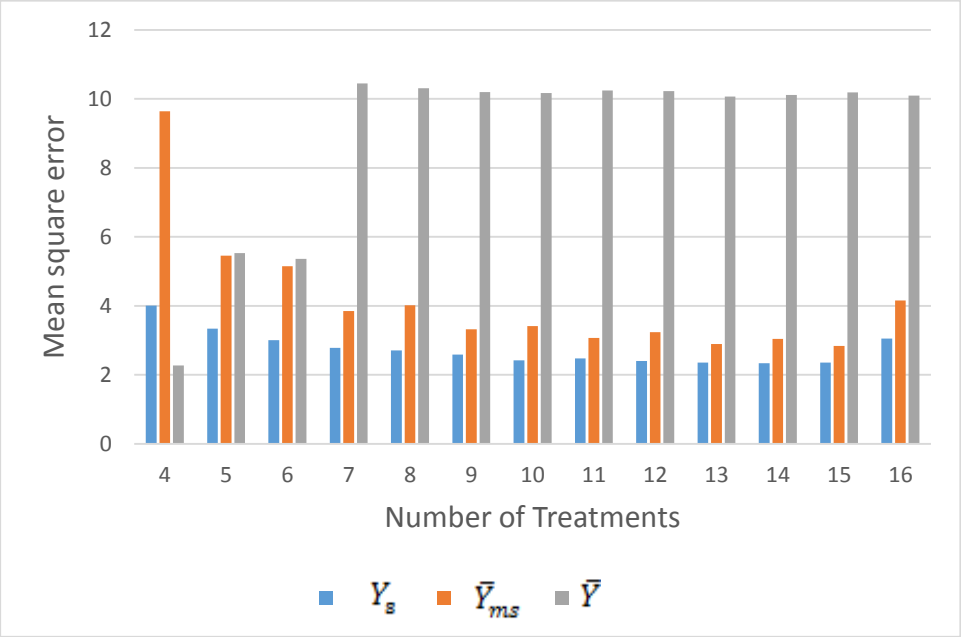
ตารางที่ 14 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยในสถานการณ์ที่ 4 กรณีที่ไม่มีความแตกต่างระหว่างทรีตเมนต์

จำนวนบล็อกย่อยในแต่ละบล็อกหลัก (m)	จำนวนทรีตเมนต์ (v)	Series	MSE		
			Y_s	$\bar{Y}_{ms}$	$\bar{Y}$
2	4	II	4.0007	9.6375	**2.2699**
	5	I	**3.3377**	5.4542	5.5275
3	6	II	**3.0067**	5.1515	5.3579
	7	I	**2.7783**	3.8504	10.4443
4	8	II	**2.7028**	4.0186	10.3103
	9	I	**2.5861**	3.3228	10.1999
5	10	II	**2.4150**	3.4108	10.1686
	11	I	**2.4769**	3.0719	10.2431
6	12	II	**2.3982**	3.2316	10.2209
	13	I	**2.3564**	2.8902	10.0650
7	14	II	**2.3308**	3.0397	10.1081
	15	I	**2.3512**	2.8324	10.1824
8	16	II	**3.0514**	4.1560	10.0938

หมายเหตุ ตัวหนา คือ ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยน้อยที่สุด

จากตารางที่ 14 เมื่อพิจารณาจำนวนทรีตเมนต์เท่ากับ 4 พบว่า ตัวประมาณค่า $\bar{Y}$ มีประสิทธิภาพมากที่สุด โดยทำให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยที่น้อยที่สุด รองลงมาคือตัวประมาณค่า Y_s และ ตัวประมาณค่า $\bar{Y}_{ms}$ ให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยที่มากที่สุด

และเมื่อพิจารณาจำนวนทรีตเมนต์เท่ากับ 5 ถึง 16 พบว่า ตัวประมาณค่า Y_s มีประสิทธิภาพมากที่สุด โดยทำให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยที่น้อยที่สุด รองลงมาคือตัวประมาณค่า $\bar{Y}_{ms}$ และ ตัวประมาณค่า $\bar{Y}$ ให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยที่มากที่สุด ดังแสดงในภาพที่ 5 เมื่อพิจารณาในแต่ละบล็อกย่อย พบว่า โดยส่วนใหญ่แล้วเมื่อจำนวนทรีตเมนต์เพิ่มขึ้นค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณค่า $\bar{Y}_{ms}$ มีค่าลดลง ยกเว้นตัวประมาณค่า Y_s และตัวประมาณค่า $\bar{Y}$ ที่บางกรณีจะมีค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยพิ่มขึ้น เมื่อจำนวนทรีตเมนต์เพิ่มขึ้น



ภาพที่ 5 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณค่าข้อมูลสูญหาย Y_s , $\bar{Y}_{ms}$ และ $\bar{Y}$ จำแนกตามจำนวนทรีตเมนต์ ของในสถานการณ์ที่ 4 กรณีที่ไม่มีความแตกต่างระหว่างทรีตเมนต์

สถานการณ์ที่ 5: มีความแตกต่างระหว่างบล็อกหลัก และ ความแตกต่างระหว่างบล็อกย่อยในระดับสูง

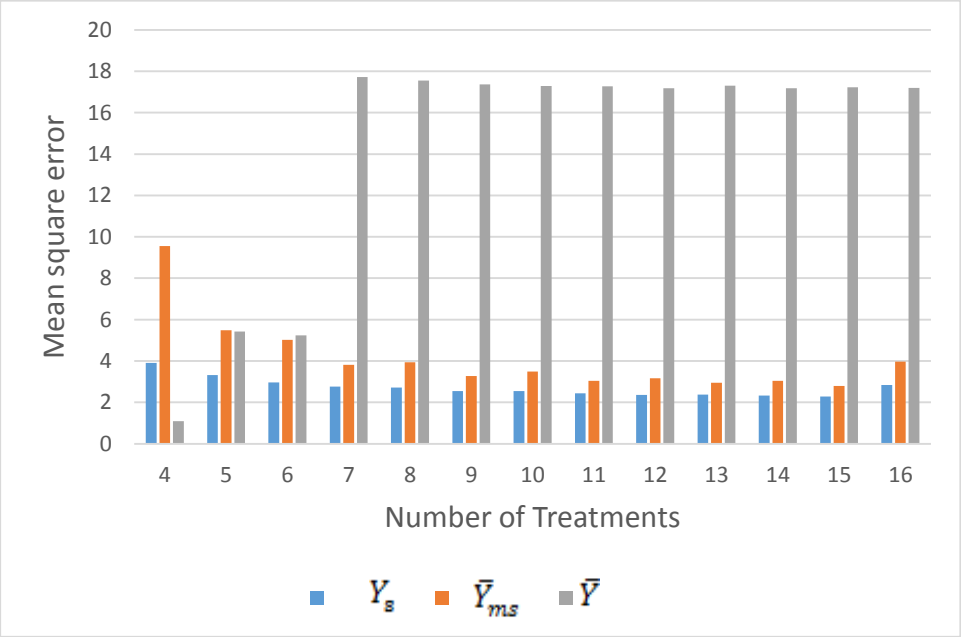
ตารางที่ 15 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยในสถานการณ์ที่ 5 กรณีที่ไม่มีความแตกต่างระหว่างทรีตเมนต์

จำนวนบล็อกย่อยในแต่ละบล็อกหลัก (m)	จำนวนทรีตเมนต์ (v)	Series	MSE		
			Y_s	$\bar{Y}_{ms}$	$\bar{Y}$
2	4	II	3.9060	9.5525	**1.0859**
	5	I	**3.3205**	5.4850	5.4232
3	6	II	**2.9659**	5.0160	5.2325
	7	I	**2.7557**	3.8077	17.7165
4	8	II	**2.7174**	3.9361	17.5436
	9	I	**2.5520**	3.2728	17.3719
5	10	II	**2.5394**	3.4915	17.2948
	11	I	**2.4310**	3.0331	17.2724
6	12	II	**2.3661**	3.1687	17.1755
	13	I	**2.3721**	2.9510	17.2984
7	14	II	**2.3323**	3.0392	17.1869
	15	I	**2.2765**	2.7987	17.2270
8	16	II	**2.8340**	3.9674	17.1988

หมายเหตุ ตัวหนา คือ ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยน้อยที่สุด

จากตารางที่ 15 เมื่อพิจารณาจำนวนทรีตเมนต์เท่ากับ 4 พบว่า ตัวประมาณค่า $\bar{Y}$ มีประสิทธิภาพมากที่สุด โดยทำให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยที่น้อยที่สุด รองลงมาคือตัวประมาณค่า Y_s และ ตัวประมาณค่า $\bar{Y}_{ms}$ ให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยที่มากที่สุด

และเมื่อพิจารณาจำนวนทรีตเมนต์เท่ากับ 5 ถึง 16 พบว่า ตัวประมาณค่า Y_s มีประสิทธิภาพมากที่สุด โดยทำให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยที่น้อยที่สุด รองลงมาคือตัวประมาณค่า $\bar{Y}_{ms}$ และ ตัวประมาณค่า $\bar{Y}$ ให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยที่มากที่สุด ดังแสดงในภาพที่ 6 เมื่อพิจารณาในแต่ละบล็อกย่อย พบว่า โดยส่วนใหญ่แล้วเมื่อจำนวนทรีตเมนต์เพิ่มขึ้นค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณค่า $\bar{Y}_{ms}$ มีค่าลดลง ยกเว้นตัวประมาณค่า Y_s และตัวประมาณค่า $\bar{Y}$ ที่บางกรณีจะมีค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยพิ่มขึ้น เมื่อจำนวนทรีตเมนต์เพิ่มขึ้น



ภาพที่ 6 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณค่าข้อมูลสูญหาย Y_s , $\bar{Y}_{ms}$ และ $\bar{Y}$ จำแนกตามจำนวนทรีตเมนต์ ของในสถานการณ์ที่ 5 กรณีที่ไม่มีความแตกต่างระหว่างทรีตเมนต์

กรณีที่ 2: กรณีที่มีความแตกต่างระหว่างทรีตเมนต์

สถานการณ์ที่ 1: ไม่มีความแตกต่างระหว่างบล็อกหลัก และ ไม่มีความแตกต่างระหว่างบล็อกย่อย

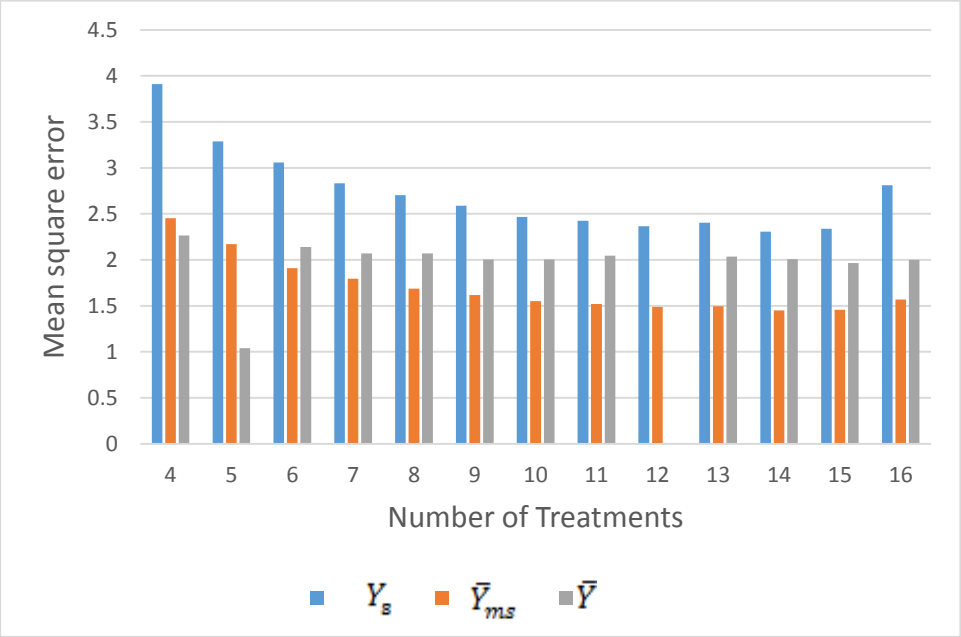
ตารางที่ 16 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยในสถานการณ์ที่ 1 กรณีที่มีความแตกต่างระหว่างทรีตเมนต์

จำนวนบล็อกย่อยในแต่ละบล็อกหลัก (m)	จำนวนทรีตเมนต์ (v)	Series	MSE		
			Y_s	$\bar{Y}_{ms}$	$\bar{Y}$
2	4	II	3.9092	2.4505	**2.2631**
	5	I	3.2892	2.1711	**1.0383**
3	6	II	3.0595	**1.9084**	2.1400
	7	I	2.8325	**1.7932**	2.0686
4	8	II	2.7025	**1.6866**	2.0696
	9	I	2.5884	**1.6158**	2.0015
5	10	II	2.4662	**1.5502**	2.0045
	11	I	2.4247	**1.5205**	2.0457
6	12	II	2.3668	**1.4877**	2.0415
	13	I	2.4022	**1.4737**	2.0358
7	14	II	2.3054	**1.4500**	2.0056
	15	I	2.3386	**1.4471**	1.9634
8	16	II	2.8103	**1.5678**	2.0011

หมายเหตุ ตัวหนา คือ ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยน้อยที่สุด

จากตารางที่ 16 เมื่อพิจารณาจำนวนทรีตเมนต์เท่ากับ 4 ถึง 5 พบว่า ตัวประมาณค่า $\bar{Y}$ มีประสิทธิภาพมากที่สุด โดยทำให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยที่น้อยที่สุด รองลงมาคือตัวประมาณค่า $\bar{Y}_{ms}$ และ ตัวประมาณค่า Y_s ให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยที่มากที่สุด

และเมื่อพิจารณาจำนวนทรีตเมนต์เท่ากับ 6 ถึง 16 พบว่า ตัวประมาณค่า $\bar{Y}_{ms}$ มีประสิทธิภาพมากที่สุด โดยทำให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยที่น้อยที่สุด รองลงมาคือตัวประมาณค่า $\bar{Y}$ และ ตัวประมาณค่า Y_s ให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยที่มากที่สุด ดังแสดงในภาพที่ 7 เมื่อพิจารณาในแต่ละบล็อกย่อย พบว่า โดยส่วนใหญ่แล้วเมื่อจำนวนทรีตเมนต์เพิ่มขึ้นค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณค่า $\bar{Y}_{ms}$ มีค่าลดลง ยกเว้นตัวประมาณค่า Y_s และตัวประมาณค่า $\bar{Y}$ ที่บางกรณีจะมีค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยพิ่มขึ้น เมื่อจำนวนทรีตเมนต์เพิ่มขึ้น



ภาพที่ 7 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณค่าข้อมูลสูญหาย Y_s , $\bar{Y}_{ms}$ และ $\bar{Y}$ จำแนกตามจำนวนทรีตเมนต์ ของในสถานการณ์ที่ 1 กรณีที่มีความแตกต่างระหว่างทรีตเมนต์

สถานการณ์ที่ 2: มีความแตกต่างระหว่างบล็อกหลัก และ ความแตกต่างระหว่างบล็อกย่อยในระดับปานกลาง

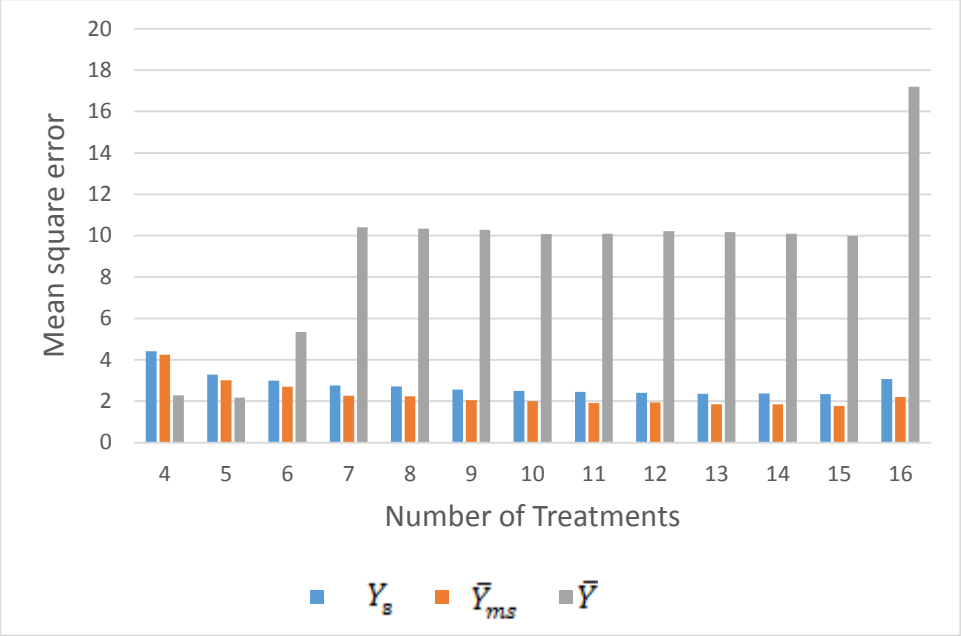
ตารางที่ 17 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยในสถานการณ์ที่ 2 กรณีที่มีความแตกต่างระหว่างทรีตเมนต์

จำนวนบล็อกย่อยในแต่ละบล็อกหลัก (m)	จำนวนทรีตเมนต์ (v)	Series	MSE		
			Y_s	$\bar{Y}_{ms}$	$\bar{Y}$
2	4	II	4.4140	4.2453	**2.2807**
	5	I	3.2930	3.0081	**2.1704**
3	6	II	2.9880	**2.7070**	5.3474
	7	I	2.7614	**2.2729**	10.4004
4	8	II	2.7184	**2.2430**	10.3470
	9	I	2.5600	**2.0492**	10.2788
5	10	II	2.5019	**2.0012**	10.0862
	11	I	2.4454	**1.9184**	10.0944
6	12	II	2.3981	**1.9384**	10.2218
	13	I	2.3650	**1.8529**	10.1747
7	14	II	2.3708	**1.8544**	10.0868
	15	I	2.3417	**1.7705**	9.9842
8	16	II	3.0653	**2.2016**	17.1964

หมายเหตุ ตัวหนา คือ ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยน้อยที่สุด

จากตารางที่ 17 เมื่อพิจารณาจำนวนทรีตเมนต์เท่ากับ 4 ถึง 5 พบว่า ตัวประมาณค่า $\bar{Y}$ มีประสิทธิภาพมากที่สุด โดยทำให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยที่น้อยที่สุด รองลงมาคือตัวประมาณค่า $\overline{\mathrm{Y}}_{\mathrm{ms}}$ และ ตัวประมาณค่า Y_s ให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยที่มากที่สุด

และเมื่อพิจารณาจำนวนทรีตเมนต์เท่ากับ 6 ถึง 16 พบว่า ตัวประมาณค่า $\bar{Y}_{ms}$ มีประสิทธิภาพมากที่สุด โดยทำให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยที่น้อยที่สุด รองลงมาคือตัวประมาณค่า Y_sและ ตัวประมาณค่า $\bar{Y}$ ให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยที่มากที่สุด ดังแสดงในภาพที่ 8 เมื่อพิจารณาในแต่ละบล็อกย่อย พบว่า โดยส่วนใหญ่แล้วเมื่อจำนวนทรีตเมนต์เพิ่มขึ้นค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณค่า Y_s และ $\bar{Y}_{ms}$ มีค่าลดลง ยกเว้นตัวประมาณค่า $\bar{Y}$ ที่บางกรณีจะมีค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยพิ่มขึ้น เมื่อจำนวนทรีตเมนต์เพิ่มขึ้น



ภาพที่ 8 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณค่าข้อมูลสูญหาย Y_s , $\bar{Y}_{ms}$ และ $\bar{Y}$ จำแนกตามจำนวนทรีตเมนต์ ของในสถานการณ์ที่ 2 กรณีที่มีความแตกต่างระหว่างทรีตเมนต์

สถานการณ์ที่ 3: มีความแตกต่างระหว่างบล็อกหลักในระดับสูง และ ความแตกต่างระหว่างบล็อกย่อยในระดับปานกลาง

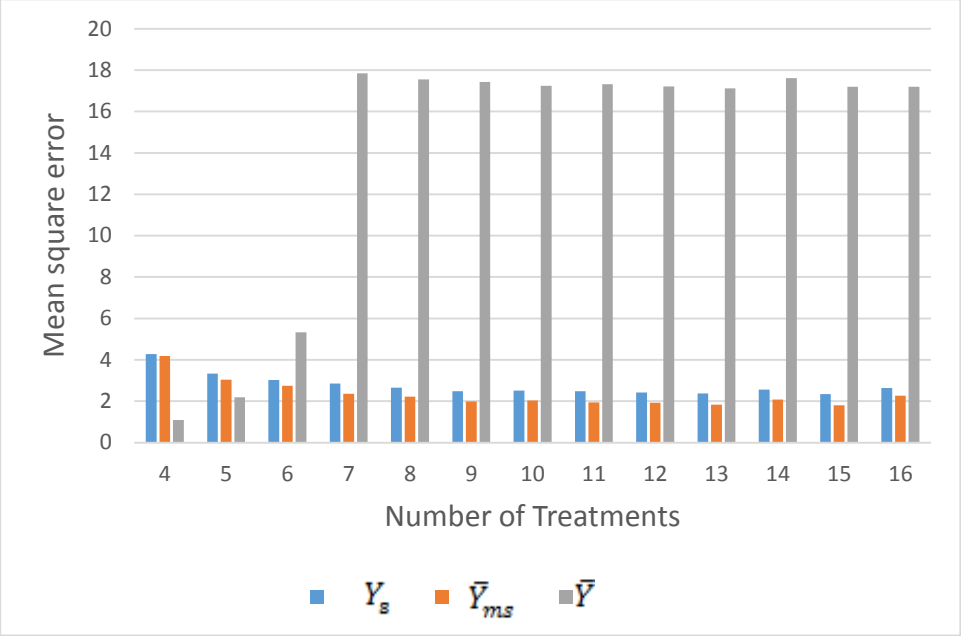
ตารางที่ 18 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยในสถานการณ์ที่ 3 กรณีที่มีความแตกต่างระหว่างทรีตเมนต์

จำนวนบล็อกย่อยในแต่ละบล็อกหลัก (m)	จำนวนทรีตเมนต์ (v)	Series	MSE		
			Y_s	$\bar{Y}_{ms}$	$\bar{Y}$
2	4	II	4.2823	4.1915	**1.0938**
	5	I	3.3317	3.0331	**2.1894**
3	6	II	3.0305	**2.7494**	5.3254
	7	I	2.8576	**2.3609**	17.8447
4	8	II	2.6599	**2.2238**	17.5539
	9	I	2.4789	**1.9811**	17.4201
5	10	II	2.5101	**2.0366**	17.2467
	11	I	2.4872	**1.9351**	17.3170
6	12	II	2.4289	**1.9230**	17.2122
	13	I	2.3717	**1.8336**	17.1158
7	14	II	2.5625	**2.0775**	17.6083
	15	I	2.3423	**1.8076**	17.1994
8	16	II	2.6446	**2.2669**	17.1963

หมายเหตุ ตัวหนา คือ ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยน้อยที่สุด

จากตารางที่ 18 เมื่อพิจารณาจำนวนทรีตเมนต์เท่ากับ 4 ถึง 5 พบว่า ตัวประมาณค่า $\bar{Y}$ มีประสิทธิภาพมากที่สุด โดยทำให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยที่น้อยที่สุด รองลงมาคือตัวประมาณค่า $\overline{\mathrm{Y}}_{\mathrm{ms}}$ และ ตัวประมาณค่า Y_s ให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยที่มากที่สุด

และเมื่อพิจารณาจำนวนทรีตเมนต์เท่ากับ 6 ถึง 16 พบว่า ตัวประมาณค่า $\bar{Y}_{ms}$ มีประสิทธิภาพมากที่สุด โดยทำให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยที่น้อยที่สุด รองลงมาคือตัวประมาณค่า Y_sและ ตัวประมาณค่า $\bar{Y}$ ให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยที่มากที่สุด ดังแสดงในภาพที่ 9 เมื่อพิจารณาในแต่ละบล็อกย่อย พบว่า โดยส่วนใหญ่แล้วเมื่อจำนวนทรีตเมนต์เพิ่มขึ้นค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณค่า Y_s และ $\bar{Y}_{ms}$ มีค่าลดลง ยกเว้นตัวประมาณค่า $\bar{Y}$ ที่บางกรณีจะมีค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยพิ่มขึ้น เมื่อจำนวนทรีตเมนต์เพิ่มขึ้น



ภาพที่ 9 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณค่าข้อมูลสูญหาย Y_s , $\bar{Y}_{ms}$ และ $\bar{Y}$ จำแนกตามจำนวนทรีตเมนต์ ของในสถานการณ์ที่ 3 กรณีที่มีความแตกต่างระหว่างทรีตเมนต์

สถานการณ์ที่ 4: มีความแตกต่างระหว่างบล็อกหลักในระดับปานกลาง และ ความแตกต่างระหว่างบล็อกย่อยในระดับสูง

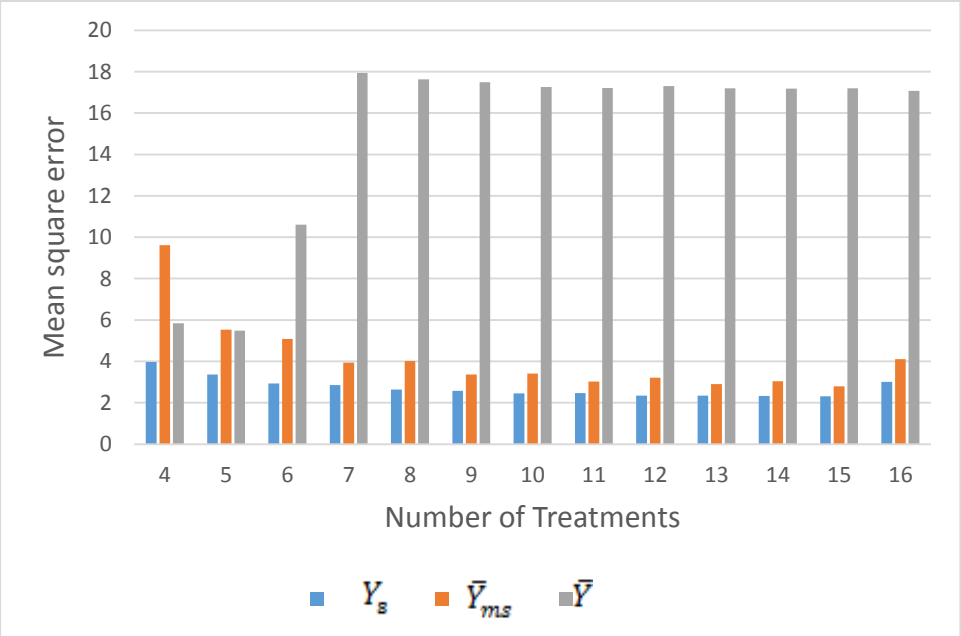
ตารางที่ 19 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยในสถานการณ์ที่ 4 กรณีที่มีความแตกต่างระหว่างทรีตเมนต์

จำนวนบล็อกย่อยในแต่ละบล็อกหลัก (m)	จำนวนทรีตเมนต์ (v)	Series	MSE		
			Y_s	$\bar{Y}_{ms}$	$\bar{Y}$
2	4	II	**3.9650**	9.6203	5.8477
	5	I	**3.3613**	5.5359	5.4818
3	6	II	**2.9294**	5.0863	10.6066
	7	I	**2.8580**	3.9375	17.9309
4	8	II	**2.6438**	4.0109	17.6259
	9	I	**2.5734**	3.3627	17.4917
5	10	II	**2.4530**	3.4038	17.2608
	11	I	**2.4607**	3.0203	17.2054
6	12	II	**2.3439**	3.2085	17.3048
	13	I	**2.3484**	2.9021	17.1978
7	14	II	**2.3316**	3.0397	17.1860
	15	I	**2.3171**	2.7901	17.2021
8	16	II	**3.0025**	4.1045	17.0786

หมายเหตุ ตัวหนา คือ ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยน้อยที่สุด

จากตารางที่ 19 เมื่อพิจารณาจำนวนทรีตเมนต์เท่ากับ 4 ถึง 16 พบว่า ตัวประมาณค่า Y_s มีประสิทธิภาพมากที่สุด โดยทำให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยที่น้อยที่สุด เมื่อพิจารณาที่จำนวนทรีตเมนต์เท่ากับ 4 และ 5 พบว่า ตัวประมาณค่า $\bar{Y}$ มีประสิทธิภาพรองลงมาเป็นอันดับสอง ในขณะที่ตัวประมาณค่า $\bar{Y}_{ms}$ มีประสิทธิภาพต่ำที่สุด และเมื่อพิจารณาที่จำนวนทรีตเมนต์เท่ากับ 6

ถึง 16 พบว่า ตัวประมาณค่า $\bar{Y}_{ms}$ มีประสิทธิภาพรองลงมาเป็นอันดับสอง ในขณะที่ตัวประมาณค่า $\bar{Y}$ มีประสิทธิภาพต่ำที่สุด ดังแสดงในภาพที่ 10 เมื่อพิจารณาในแต่ละบล็อกย่อย พบว่า โดยส่วนใหญ่แล้วเมื่อจำนวนทรีตเมนต์เพิ่มขึ้นค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณค่า $\bar{Y}_{ms}$ มีค่าลดลง ยกเว้นตัวประมาณค่า Y_s และ ตัวประมาณค่า $\bar{Y}$ ที่บางกรณีจะมีค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยพิ่มขึ้น เมื่อจำนวนทรีตเมนต์เพิ่มขึ้น



ภาพที่ 10 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณค่าข้อมูลสูญหาย Y_s , $\bar{Y}_{ms}$ และ $\bar{Y}$ จำแนกตามจำนวนทรีตเมนต์ ของในสถานการณ์ที่ 4 กรณีที่มีความแตกต่างระหว่างทรีตเมนต์

สถานการณ์ที่ 5: มีความแตกต่างระหว่างบล็อกหลัก และ ความแตกต่างระหว่างบล็อกย่อยในระดับสูง

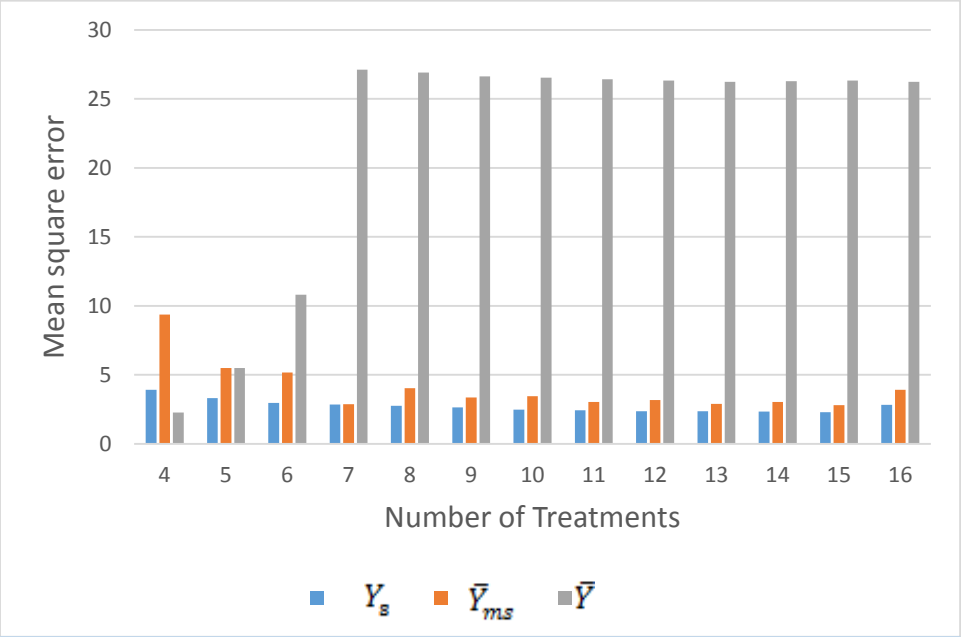
ตารางที่ 20 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยในสถานการณ์ที่ 5 กรณีที่มีความแตกต่างระหว่างทรีตเมนต์

จำนวนบล็อกย่อยในแต่ละบล็อกหลัก (m)	จำนวนทรีตเมนต์ (v)	Series	MSE		
			Y_s	$\bar{Y}_{ms}$	$\bar{Y}$
2	4	II	3.9138	9.3531	**2.2520**
	5	I	**3.2986**	5.4863	5.4890
3	6	II	**2.9535**	5.1553	10.7943
	7	I	**2.8483**	2.8573	27.1244
4	8	II	**2.7586**	4.0245	26.9054
	9	I	**2.6384**	3.3646	26.6363
5	10	II	**2.4756**	3.4435	26.5378
	11	I	**2.4224**	3.0252	26.4195
6	12	II	**2.3538**	3.1778	26.3228
	13	I	**2.3561**	2.8904	26.2366
7	14	II	**2.3326**	3.0382	26.2879
	15	I	**2.2770**	2.7984	26.3331
8	16	II	**2.8166**	3.9087	26.2251

หมายเหตุ ตัวหนา คือ ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยน้อยที่สุด

จากตารางที่ 20 เมื่อพิจารณาจำนวนทรีตเมนต์เท่ากับ 4 พบว่า ตัวประมาณค่า $\bar{Y}$ มีประสิทธิภาพมากที่สุด โดยทำให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยที่น้อยที่สุด รองลงมาคือตัวประมาณค่า Y_s และ ตัวประมาณค่า $\bar{Y}_{ms}$ ให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยที่มากที่สุด

และเมื่อพิจารณาจำนวนทรีตเมนต์เท่ากับ 5 ถึง 16 พบว่า ตัวประมาณค่า Y_s มีประสิทธิภาพมากที่สุด โดยทำให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยที่น้อยที่สุด รองลงมาคือตัวประมาณค่า $\bar{Y}_{ms}$ และ ตัวประมาณค่า $\bar{Y}$ ให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยที่มากที่สุด ดังแสดงในภาพที่ 11 เมื่อพิจารณาในแต่ละบล็อกย่อย พบว่า โดยส่วนใหญ่แล้วเมื่อจำนวนทรีตเมนต์เพิ่มขึ้น ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณค่า $\bar{Y}_{ms}$ มีค่าลดลง ยกเว้นตัวประมาณค่า Y_s และ ตัวประมาณค่า $\bar{Y}$ ที่บางกรณีจะมีค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยพิ่มขึ้น เมื่อจำนวนทรีตเมนต์เพิ่มขึ้น



ภาพที่ 11 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณค่าข้อมูลสูญหาย Y_s , $\bar{Y}_{ms}$ และ $\bar{Y}$ จำแนกตามจำนวนทรีตเมนต์ ของในสถานการณ์ที่ 5 กรณีที่มีความแตกต่างระหว่างทรีตเมนต์

บทที่ 5

สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอวิธีการประมาณค่าข้อมูลสูญหาย เพื่อใช้ในการประมาณค่าสูญหาย 1 ค่าที่เกิดขึ้นในแผนแบบบล็อกไม่สมบูรณ์แบบสมดุลที่ซ้อนใน (NBIBD) ที่สร้างจากวิธี Harmonised series โดย 2 วิธีแรกจะประยุกต์จากวิธีการประมาณค่าข้อมูลสูญหายในแผนแบบ BIBD ที่ถูกเสนอในงานวิจัยของ Cornish[4] และวิธีสุดท้ายจะเป็นตัวประมาณค่าที่คำนวณจากค่าเฉลี่ยของค่าสังเกตทั้งหมดในแผนแบบ และ ทำการศึกษาเปรียบประสิทธิภาพของวิธีการประมาณค่าข้อมูลสูญหายที่นำเสนอ กับวิธีการประมาณค่าที่ใช้โดยทั่วไป ทำการศึกษา 2 กรณีคือ กรณีที่ไม่มีความแตกต่างระหว่างทรีตเมนต์ และกรณีที่มีความแตกต่างระหว่างทรีตเมนต์

จากผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวประมาณค่า Y_s , $\bar{Y}_{ms}$ และ $\bar{Y}$ โดยใช้ความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยเป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบ สามารถสรุปผลการวิจัยได้แบ่งเป็น 2 กรณีดังนี้

กรณีที่ 1 ไม่มีความแตกต่างระหว่างทรีตเมนต์ สามารถสรุปแยกตามสถานการณ์ ได้ดังนี้

1. เมื่อไม่มีความแตกต่างระหว่างบล็อกหลัก และ ไม่มีความแตกต่างระหว่างบล็อกย่อย พบว่า ตัวประมาณค่า $\bar{Y}$ มีประสิทธิภาพมากที่สุด โดยทำให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยที่น้อยที่สุดในทุกทรีตเมนต์

2. เมื่อมีความแตกต่างระหว่างบล็อกหลัก และ ความแตกต่างระหว่างบล็อกย่อยในระดับปานกลาง พบว่า ในจำนวนทรีตเมนต์ขนาดเล็ก 4, 5 และ 6 ทรีตเมนต์ ตัวประมาณค่า $\bar{Y}$ ยังคงมีประสิทธิภาพมากที่สุด ในขณะที่ตัวประมาณค่า $\bar{Y}_{ms}$ มีประสิทธิภาพมากที่สุดเมื่อทรีตเมนต์ที่สนใจเริ่มมีขนาดใหญ่ คือ 7 ทรีตเมนต์เป็นต้นไป

3. เมื่อมีความแตกต่างระหว่างบล็อกหลักในระดับสูง และ ความแตกต่างระหว่างบล็อกย่อยในระดับปานกลาง นั่นก็คือ มีความแตกต่างระหว่างบล็อกหลักค่อนข้างชัดเจนมากขึ้น พบว่า ผลลัพธ์ที่ได้สอดคล้องกับสถานการณ์ที่ 2 คือ ในจำนวนทรีตเมนต์ขนาดเล็กตัวประมาณค่า $\bar{Y}$ มีประสิทธิภาพมากที่สุด ในขณะที่เมื่อทรีตเมนต์ที่สนใจเริ่มมีขนาดใหญ่ตัวประมาณค่า $\bar{Y}_{ms}$ มีประสิทธิภาพมากที่สุด

4. เมื่อมีความแตกต่างระหว่างบล็อกหลักในระดับปานกลาง และ ความแตกต่างระหว่างบล็อกย่อยในระดับสูง นั่นก็คือ มีความแตกต่างระหว่างบล็อกย่อยค่อนข้างชัดเจนมากขึ้น พบว่า ในจำนวนทรีตเมนต์เท่ากับ 4 ตัวประมาณค่า $\bar{Y}$ มีประสิทธิภาพมากที่สุด ในขณะที่ตัวประมาณค่า Y_s มีประสิทธิภาพมากที่สุดเมื่อทรีตเมนต์ที่ 5 เป็นต้นไป

5. มีความแตกต่างระหว่างบล็อกหลัก และ ความแตกต่างระหว่างบล็อกย่อยในระดับสูง นั่นคือ มีความแตกต่างระหว่างบล็อกหลัก และ ความแตกต่างระหว่างบล็อกย่อยค่อนข้างชัดเจนมากขึ้น พบว่า ในจำนวนทรีตเมนต์เท่ากับ 4 ตัวประมาณค่า $\bar{Y}$ มีประสิทธิภาพมากที่สุด ในขณะที่ตัวประมาณค่า Y_s มีประสิทธิภาพมากที่สุดเมื่อทรีตเมนต์ที่ 5 เป็นต้นไป

6. ในแต่บล็อกย่อยที่เท่ากัน การเพิ่มจำนวนทรีตเมนต์ทำให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยที่ได้จากตัวประมาณค่าที่นำเสนอ ($\bar{Y}_{ms}$) มีค่าลดลง

กรณีที่ 2 มีความแตกต่างระหว่างทรีตเมนต์ สามารถสรุปแยกตามสถานการณ์ ได้ดังนี้

1. เมื่อไม่มีความแตกต่างระหว่างบล็อกหลัก และ ไม่มีความแตกต่างระหว่างบล็อกย่อย พบว่า ในจำนวนทรีตเมนต์เท่ากับ 4 และ 5 ตัวประมาณค่า $\bar{Y}$ มีประสิทธิภาพมากที่สุด ในขณะที่ตัวประมาณค่า $\bar{Y}_{ms}$ มีประสิทธิภาพมากที่สุดเมื่อทรีตเมนต์ที่ 6 เป็นต้นไป

2. เมื่อมีความแตกต่างระหว่างบล็อกหลัก และ ความแตกต่างระหว่างบล็อกย่อยในระดับปานกลาง พบว่า ในจำนวนทรีตเมนต์เท่ากับ 4 และ 5 ตัวประมาณค่า $\bar{Y}$ มีประสิทธิภาพมากที่สุด ในขณะที่ตัวประมาณค่า $\bar{Y}_{ms}$ มีประสิทธิภาพมากที่สุดเมื่อทรีตเมนต์ที่ 6 เป็นต้นไป

3. เมื่อมีความแตกต่างระหว่างบล็อกหลักในระดับสูง และ ความแตกต่างระหว่างบล็อกย่อยในระดับปานกลาง นั่นก็คือ มีความแตกต่างระหว่างบล็อกหลักค่อนข้างชัดเจนมากขึ้น พบว่า ตัวประมาณค่า $\bar{Y}_{ms}$ มีประสิทธิภาพมากที่สุด โดยทำให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยที่น้อยที่สุดในทุกทรีตเมนต์

4. เมื่อมีความแตกต่างระหว่างบล็อกหลักในระดับปานกลาง และ ความแตกต่างระหว่างบล็อกย่อยในระดับสูง นั่นก็คือ มีความแตกต่างระหว่างบล็อกย่อยค่อนข้างชัดเจนมากขึ้น พบว่า ในจำนวนทรีตเมนต์ขนาดเล็ก 4, 5 และ 6 ทรีตเมนต์ ตัวประมาณค่า $\bar{Y}$ ยังคงมีประสิทธิภาพมากที่สุด ในขณะที่ ตัวปรัมาณค่า $\bar{Y}_{ms}$ มีประสิทธิภาพมากที่สุดเมื่อทรีตเมนต์ที่สนใจเริ่มมีขนาดใหญ่ คือ 7 ทรีตเมนต์เป็นต้นไป

5. มีความแตกต่างระหว่างบล็อกหลัก และ ความแตกต่างระหว่างบล็อกย่อยในระดับสูง นั่นคือ มีความแตกต่างระหว่างบล็อกหลัก และ ความแตกต่างระหว่างบล็อกย่อยค่อนข้างชัดเจนมากขึ้น พบว่า ผลลัพธ์ที่ได้สอดคล้องกับสถานการณ์ที่ 2 คือ ในจำนวนทรีตเมนต์ขนาดเล็กตัวประมาณค่า $\bar{Y}$

มีประสิทธิภาพมากที่สุด ในขณะที่เมื่อทรีตเมนต์ที่สนใจเริ่มมีขนาดใหญ่ตัวปรัมาณค่า $\bar{Y}_{ms}$ มีประสิทธิภาพมากที่สุด

6. ในแต่บล็อกย่อยที่เท่ากัน การเพิ่มจำนวนทรีตเมนต์ทำให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยที่ได้จากตัวประมาณค่าที่นำเสนอ $(\bar{Y}_{ms})$ มีค่าลดลง

สามารถสรุปตัวประมาณค่าที่ดีที่สุดในเทอมของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยในแต่ละสถานการณ์ได้ดังตารางที่ 21

ตารางที่ 21 สรุปผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการประมาณค่าข้อมูลสูญหายที่นำเสนอและวิธีการประมาณค่าที่ใช้โดยทั่วไป โดยใช้เกณฑ์ MSE

<table>
<tr><th rowspan="2">จำนวนทรีตเมนต์</th><th colspan="5">ไม่มีความแตกต่างระหว่างทรีตเมนต์</th><th colspan="5">มีความแตกต่างระหว่างทรีตเมนต์</th></tr>
<tr><th>สถานการณ์ที่ 1</th><th>สถานการณ์ที่ 2</th><th>สถานการณ์ที่ 3</th><th>สถานการณ์ที่ 4</th><th>สถานการณ์ที่ 5</th><th>สถานการณ์ที่ 1</th><th>สถานการณ์ที่ 2</th><th>สถานการณ์ที่ 3</th><th>สถานการณ์ที่ 4</th><th>สถานการณ์ที่ 5</th></tr>
<tr><td>4</td><td rowspan="13">$\bar{Y}$</td><td rowspan="2">$\bar{Y}$</td><td rowspan="2">$\bar{Y}$</td><td>$\bar{Y}$</td><td>$\bar{Y}$</td><td rowspan="2">$\bar{Y}$</td><td rowspan="2">$\bar{Y}$</td><td rowspan="2">$\bar{Y}$</td><td rowspan="13">Y_s</td><td>$\bar{Y}$</td></tr>
<tr><td>5</td><td rowspan="12">Y_s</td><td rowspan="12">Y_s</td><td rowspan="2">$\bar{Y}$</td></tr>
<tr><td>6</td><td rowspan="12">$\bar{Y}_{ms}$</td><td rowspan="12">$\bar{Y}_{ms}$</td><td rowspan="12">$\bar{Y}_{ms}$</td><td rowspan="12">$\bar{Y}_{ms}$</td><td rowspan="12">$\bar{Y}_{ms}$</td><td rowspan="12">Y_s</td></tr>
<tr><td>7</td></tr>
<tr><td>8</td></tr>
<tr><td>9</td></tr>
<tr><td>10</td></tr>
<tr><td>11</td></tr>
<tr><td>12</td></tr>
<tr><td>13</td></tr>
<tr><td>14</td></tr>
<tr><td>15</td></tr>
<tr><td>16</td></tr>
</table>

อภิปรายผล

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอวิธีการประมาณค่าข้อมูลสูญหายเพื่อใช้ในการประมาณค่าสูญหาย 1 ค่าที่เกิดขึ้นในแผนแบบบล็อกไม่สมบูรณ์แบบสมดุลที่ซ้อนใน ที่สร้างจากวิธี Harmonised series โดยตัวประมาณค่า Y_s และ $\bar{Y}_{ms}$ ประยุกต์จากวิธีการประมาณค่าข้อมูลสูญหายในแผนแบบ BIBD ที่ถูกเสนอในงานวิจัยของ Cornish[4] และตัวประมาณค่า $\bar{Y}$ ได้จากการหาค่าเฉลี่ยของค่าสังเกตทั้งหมดในแผนแบบ และ ทำการศึกษาเปรียบประสิทธิภาพของวิธีการประมาณค่าข้อมูลสูญหายที่นำเสนอ กับวิธีประมาณค่าที่ใช้โดยทั่วไป โดยใช้ความคลาดเคลื่อนกำลังสองเป็นเกณฑ์ สามารถอภิปรายผลการวิจัยได้ ดังนี้

กรณีที่ไม่มีความแตกต่างระหว่างทรีตเมนต์ เมื่อไม่มีความแตกต่างระหว่างบล็อกหลัก และบล็อกย่อย พบว่า ตัวประมาณค่า $\bar{Y}$ เป็นตัวประมาณที่มีประสิทธิภาพในการประมาณค่าสูญหายสูงที่สุด เนื่องจากค่าเฉลี่ยนั้นเป็นตัวแทนที่ดีของข้อมูล เมื่อไม่มีอิทธิพลอื่นๆเข้ามารบกวน ตัวประมาณค่า $\bar{Y}_{ms}$ มีประสิทธิภาพในการประมาณค่าสูญหายในกรณีที่จำนวนทรีตเมนต์ที่สนใจมีขนาดใหญ่ และเมื่อพิจารณาสถานการณ์ที่มีความแตกต่างของบล็อกย่อยอย่างชัดเจน ตัวประมาณ Y_s มีประสิทธิภาพในการประมาณค่าสูญหายสูงที่สุด เพราะตัวประมาณ Y_s ให้ความสำคัญของบล็อกย่อยมากกว่า จึงทำให้สามารถประมาณค่าได้ดี

กรณีที่มีความแตกต่างระหว่างทรีตเมนต์ ถ้าจำนวนทรีตเมนต์มีขนาดเล็ก ตัวประมาณค่า $\bar{Y}$ ยังคงใช้ได้ดีเมื่อจำนวนทรีตเมนต์ เมื่อจำนวนทรีตเมนต์ที่สนใจมีขนาดใหญ่ ในภาพรวมตัวประมาณค่า $\bar{Y}_{ms}$ เป็นตัวประมาณที่มีประสิทธิภาพในการประมาณค่าสูญหายสูงที่สุด เมื่อมีความแตกต่างระหว่างบล็อกในระดับปานกลาง และในระดับสูง รองลงมาคือตัวประมาณ Y_s ซึ่งจะมีประสิทธิภาพในการประมาณค่าข้อมูลสูญหายเมื่อมีความแตกต่างระหว่างบล็อกย่อยที่ชัดเจน ในขณะที่ตัวประมาณค่า $\bar{Y}$ ที่มีประสิทธิภาพในการประมาณค่าข้อมูลสูญหายต่ำที่สุด เนื่องจากมีอิทธิพลของบล็อกหลัก บล็อกย่อย และ ทรีตเมนต์เข้ามารบกวน ทำให้ตัวประมาณค่า $\bar{Y}$ ที่คำนวณจากค่าเฉลี่ยของค่าตอบสนองทั้งหมดในแผนแบบ ไม่ได้เป็นตัวแทนที่ดีของข้อมูลดังผลลัพธ์ในกรณีที่ไม่มีความแตกต่างระหว่างทรีตเมนต์

ข้อเสนอแนะ

1. เนื่องจากงานวิจัยฉบับนี้ได้ทำการระบุค่าตอบสนองที่สูญหายในแต่ละแผนแบบอย่างเจาะจง โดยกำหนดให้ ค่าสูญหายเป็นค่าตอบสนองที่ได้รับทรีตเมนต์ที่ 3 ที่อยู่ในบล็อกหลักที่ 3 บล็อกย่อยที่ 1 ดังนั้น ในงานวิจัยครั้งต่อไปควรกำหนดให้ค่าสูญหายนั้นเกิดขึ้นอย่างสุ่ม

2. เนื่องจากการประมาลผลในแต่ละสถานการณ์จนได้ผลลัพธ์ในแต่ละขั้นตอนใช้เวลานาน ดังนั้นจึงควรเลือกใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีหน่วยประมาลผลขนาดใหญ่ เพื่อทำให้เป็นการประหยัดเวลา
3. ในงานวิจัยครั้งต่อไปควรศึกษาในกรณีที่มีข้อมูลสูญหายในแผนแบบ NBIBD มากกว่า 1 ค่า ที่เกิดขึ้นในบล็อกย่อยที่ต่างกัน

รายการอ้างอิง

1. Rajender, P., *Nested block designs.* Indian Agricultural Statistics Research Institute Library Avenue, 2007: p. 195-202.
2. Morgan, J.P., D.A. Preece, and D.H. Rees, *Nested balanced incomplete block designs.* Discrete Mathematics 231, 2001: p. 351-389.
3. Saka, A.J. and B.L. Adeleke, *Nested balanced incomplete block designs of harmonised series.* Journal of the Nigerian Mathematical Society 34, 2015: p. 369-376.
4. Cornish, E.A., *The Estimation of Missing Values in Incomplete Randomized Block Experiments.* Waite Agricultural Research Institute, 1940: p. 112-118.
5. Preece, D., *Incomplete Block Designs with v = 2k.* Indian Statistical Institute, 1967. **29**: p. 305-316.

มหาวิทยาลัยศิลปากร

ภาคผนวก

โปรแกรมที่ใช้ในงานวิจัย

กรณีมีทรีตเมนต์ที่พิจารณา 4 ทรีตเมนต์ โดยมีความแตกต่างระหว่างทรีตเมนต์

```
N = 10000;
X  = [];
n = 12;   mu = 5;
d = []; c = []; model = [];
G1 = []; G2 = []; T = []; sum1 = [] ; sum2 = [];
S1 = []; S2 = [];
Y1 = [];
Y2 = [];
Y = [];

for z = 1 : N;
    beta1 = [-1,0,1];
    beta2 = [-1,1];
    treat = 1:4;
    model = [];

d = [1,4,2,3;2,4,3,1;3,4,1,2];
    for i = 1 : length(beta1);
        for j = 1 : length(beta2);
            c = d(i,j*2-1:j*2);
            for l = 1 : 2;
                error = [];
                error = random('Normal',0,1);
                if c(l) == 1;
                    effect_treat(c(l)) = -1;
                end
```

มหาวิทยาลัยศิลปากร

```
            if c(l) == 2;
                effect_treat(c(l)) = 1;
            end
            if c(l) == 3;
                effect_treat(c(l)) = -1;
            end
            if c(l) == 4;
                effect_treat(c(l)) = 1;
            end
                model(i,j,c(l)) = mu + beta1(i) + beta2(j) + effect_treat(c(l)) + error;
        end
    end
end
model(:,:,:);
missing(z) = 0;
missing(z) = model(3,1,3);
model(3,1,3) = 0;
model(:,:,:);

meanall(z) = (sum(sum(sum(model(:,:,:))))/(n-1);

for i = 1 : 3;
    for j = 1 : 2;
        for k = 1 : 4;
            G1(:,:,k) = sum(model(:,:,k));
            T(k) = sum(G1(:,:,k));
        end
    end
end
G1(:,:,:);
T(:);
```

```
    for i = 1 : 3;
        for k = 1 : 4;
            sum1(i,k) = 0;
            for j = 1 : 2;
                sum1(i,k) = sum1(i,k) + model(i,j,k);
            end
        end
    end
sum1(:,:);

    for i = 1 : 3;
        sum11(i)=sum(sum1(i,:));
    end
sum11(:);
    for k = 1 : 4;
        sum111(k)=sum(sum1(:,k));
    end
sum111(:);

    for k = 1 : 4;
        sum11(3) = 0;
        S1(k) = 0;

            for i = 1 : 3;
                S1(k) = S1(k) + sum11(i);
            end
            for i = 1 : 3;
                sum11(i)=sum(sum1(i,:));
            end
    end
S1(:);
```

มหาวิทยาลัยศิลปากร

```
    for i = 1 : 3;
        for j = 1 : 2;
            sum22(i,j) = 0;
            for k = 1 : 4;
                sum22(i,j) = sum22(i,j) + model(i,j,k);
            end
        end
    end
sum22(:,:);

    for k = 1 : 4;
        sum22(3,1) = 0;
        S2(k) = 0;
            if k == 1;
                sum22(1,2) = 0;
                sum22(2,1) = 0;
            end
            if k == 2;
                sum22(1,1) = 0;
                sum22(2,2) = 0;
            end
            if k == 3;
                sum22(1,1) = 0;
                sum22(2,1) = 0;
                sum22(3,2) = 0;
            end
            if k == 4;
                sum22(1,2) = 0;
                sum22(2,2) = 0;
                sum22(3,2) = 0;
            end
```

มหาวิทยาลัยศิลปากร

```
        for i = 1 : 3;
            for j = 1 : 2;
                S2(k) = S2(k) + sum22(i,j);
            end
        end
        for i = 1 : 3;
            for j = 1 : 2;
                sum22(i,j) = 0;
                for k = 1 : 4;
                    sum22(i,j) = sum22(i,j) + model(i,j,k);
                end
            end
        end
    end
S2(:);

Y1(z) = 0;
a1 = [((length(beta1))*sum11(3))/(n-length(beta1)-length(treat)+1)];
b1 = [((length(treat))-1)/((2*length(beta2))*((2*length(beta2))-1)*(n-length(beta1)-
length(treat)+1))];
c1 = [((2*length(beta2))*((2*length(beta2))-1)*T(3))-(((2*length(beta2))-1)*S1(3))-
((2*length(beta2))*(T(1)+T(2)+T(4)))+S1(1)+S1(2)+S1(4)];
Y1(z) = a1 + (b1*c1);

Y2(z) = 0;
a2 = [((length(beta2)*length(beta1))*sum22(3,1))/(n-(length(beta2)*length(beta1))-
length(treat)+1)];
b2 = [((length(treat))-1)/((2)*(2-1)*(n-(length(beta2)*length(beta1))-length(treat)+1))];
c2 = [((2)*(2-1)*T(3))-((2-1)*S2(3))-(2*T(4))+S2(4)];
Y2(z) = a2 + (b2*c2);
```

```
Y(z) = 0;
Y(z) = (X1(z)+X2(z))/2;
end

Ys(:);                  %%% ตัวประมาณค่า Y_s
Yms(:);                 %%% ตัวประมาณค่า Ȳ_ms
meanall(:);             %%% ตัวประมาณค่า Ȳ
missing(:);             %%% ข้อมูลสูญหายที่แท้จริง Y

MSE = 0; MSE_Ys = 0; MSE_Yms = 0; MSE_meanall = 0;
MSE_Ys = sum((Ys(:)- missing(:)).^2)/N                  %%% MSE(Y_s)
MSE_Yms = sum((Yms(:)- missing(:)).^2)/N                %%% MSE(Ȳ_ms)
MSE_meanall = sum((meanall(:)- missing(:)).^2)/N        %%% MSE(Ȳ)
```

มหาวิทยาลัยศิลปากร

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	สุพิชชา มาเมืองบน
วัน เดือน ปี เกิด	28 สิงหาคม 2535
สถานที่เกิด	นครปฐม ประเทศไทย
วุฒิการศึกษา	วท.บ. สถิติ
ที่อยู่ปัจจุบัน	บ้านเลขที่ 56/255 หมู่ 5 หมู่บ้านร่มฟ้า ต.สนามจันทร์ อ.เมือง จ.นครปฐม 73000
ผลงานตีพิมพ์	Mamuangbon, S. and N. Meejun (2015). Classical time series decomposition in R. The 4th ICADA 2015-SSIS, Bangkok, Thailand. Mamuangbon, S. and K. Plungpongpun (2016). A comparison of performance of several statistical methods for forecasting time series with various components. ICAS2016, Phuket, Thailand.

มหาวิทยาลัยศิลปากร